

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут**

**Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»**

«На правах рукопису»  
УДК 621.313:625.745.5

«До захисту допущено»  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ О.А. Охріменко  
(підпис)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн) \_\_\_\_\_  
(код і назва)

на тему: Автомагістральний вітрогенератор з елементом пасивної безпеки  
(комплексна магістерська дисертація) \_\_\_\_\_

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи МІ-82мп \_\_\_\_\_  
(шифр групи)

Гейко Атнон Ігорович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник професор, д.т.н., доцент, Красновид Д.О. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) ) Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.А.Охріменко  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту  
Гейко Антон Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Автомагістральний вітрогенератор з елементом пасивної безпеки (комплексна магістерська дисертація)

науковий керівник дисертації Красновид Д.О., д.т.н., доцент, \_\_\_\_\_ ,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження Процес пошуку технічного рішення конструкторсько-технологічного забезпечення автомагістрального вітрогенератора із пасивною системою безпеки.

4. Предмет дослідження Параметри конструкції та технології виготовлення елементу пасивної безпеки.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Огляд конструкції та історія розвитку елементів пасивної безпеки; Методика розрахунку ефективності елементів пасивної безпеки; Визначення програмного забезпечення для комп'ютерної симуляції. Створення конструкторської документації елементів пасивної безпеки. Створення технології виготовлення, створення прототипу елементів пасивної безпеки. Проведення фізичних випробувань елементів пасивної безпеки. Створення стартап проекту для ринку.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Виготовлення макету в масштабі 1:1, презентація по роботі

7. Орієнтовний перелік публікацій 2 тези доповіді на науковій конференції за темою дослідження. Патент на винахід

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 1.09.2018\_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд та аналіз ринку елементів безпеки для автомагістралей	1.01.2019	
2	Дизайн та конструкторське забезпечення проекту	1.04.2019	
3	Технологічне забезпечення виготовлення робочого зразка вітрогенератора «CARWIND»	1.07.2019	
4	Стартап-проект «CARWIND»	1.10.2019	
5	Підготовка презентації та оформлення роботи	30.11.2019	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

А.І. Гейко

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Д.О. Красновид

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_  
\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений проектуванню автомагістрального вітрогенератора з елементами пасивної безпеки. Було проведено патентний пошук на наявність аналогів у світі. За результатами пошуку було знайдено декілька схожих винаходів, але які суттєво відрізняються за своїм призначенням та конструкцією.

У процесі розробки конструкції системи пасивної безпеки буде проведено розрахунки на міцність під час ударного контакту з легковим автомобілем при різних ввідних даних, таких як кут зіткнення. Швидкість буде взято сталою, 80 км/год.

За результатами розрахунків буде обрано основні матеріали даного елемента вітрогенератора. Також буде розроблено екологічну версію елемента пасивної безпеки, яка полягає у використанні використаних покришок автомобілів у якості пружних елементів.

У проекті буде розроблено елемент, що сприяє зниженню швидкості автомобіля за рахунок збільшення зусилля для провороту конструкції.

На основі розрахунків буде розроблено конструкторську документацію та технологію виготовлення прототипу.

Сама конструкція має бути нескладною та легкоз'ємною для швидкого монтажу та демонтажу.

За даною конструкцією був розроблений стартап проект.

Ключові слова: безпека, автомобіль, огороження, напруга, деформація, навантаження, сила, міцність.

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящен проектированию автомагистрального ветрогенератора с элементами пассивной безопасности. Был проведен патентный поиск на наличие аналогов в мире. По результатам поиска было найдено несколько похожих изобретений, но существенно отличающихся по своему назначению и конструкции.

В процессе разработки конструкции системы пассивной безопасности будут произведены расчеты на прочность при ударном контакте с легковым автомобилем при различных вводных данных, таких как угол столкновения. Скорость будет взята постоянной, 80 км / ч.

По результатам расчетов будут избраны основные материалы данного элемента ветрогенератора. Также будет разработана экологическая версия элемента пассивной безопасности, которая заключается в использовании использованных покрышек автомобилей в качестве упругих элементов.

В проекте будет разработан элемент, способствующий снижению скорости автомобиля за счет увеличения усилия для проворота конструкции.

На основе расчетов будет разработана конструкторская документация и технология изготовления прототипа.

Сама конструкция должна быть несложной и легкоъемной для быстрого монтажа да демонтажа.

По данной конструкции разработан стартап проект.

Ключевые слова: безопасность, автомобиль, ограждения, напряжение, деформация, нагрузка, сила, прочность.

## **ABSTRACT**

The master's dissertation is devoted to the design of a highway wind turbine with elements of passive safety. A patent search was conducted for the presence of analogues in the world. According to the results of the search, several similar inventions were found, but they differ significantly in their purpose and design.

During the development of the design of the passive safety system, calculations will be made on the strength during impact contact with a passenger car with different input data, such as the angle of collision. The speed will be taken at a steady speed of 80 km / h.

Based on the calculations, the main materials of this element of the wind generator will be selected. An ecological version of the element of passive safety, which consists in using used car tires as elastic elements, will also be developed.

The project we will develop an element that will help reduce the speed of the car by increasing the effort for turning the system.

On the basis of calculations, will be developed design documentation and prototype manufacturing technology.

The design itself should be simple and easy to install for quick mounting and disassembly.

According to this design, will be developed a startup project.

## **РЕФЕРАТ**

Магістерська дисертація на тему: «Автомагістральний вітрогенератор з елементом пасивної безпеки» містить 100 сторінок пояснювальної записки, рисунків – 46, таблиць – 30, використаних джерел – 52, ілюстрації, що включає 15 слайдів презентації графічної частини, два макети.

### **Актуальність теми**

Рух автомобілів створює високі повітряні хвилі, які можна уловлювати за допомогою вертикальних вітрогенераторів. Це додаткове джерело «зеленої» енергії, яку можна використовувати для освітлення та підігріву доріг та підзарядки автомобілів. А поєднання таких вітрогенераторів з пружними елементами пасивної безпеки дозволить як підвищити ефективність генератору так і безпеку руху. Завдання виготовити конструкцію вітрогенератора із елементом пасивної безпеки, яка забезпечить генерування енергії та безпеку під час руху.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та спрямована на підготовку стартап-проекту на фестиваль «Сікорські Челедж».

### **Мета дослідження.**

Удосконалення конструкції та технології виготовлення системи пасивної безпеки для автошляхів.

**Об'єкт дослідження:** Процес пошуку технічного рішення конструкторсько- технологічного забезпечення елемента пасивної безпеки для автомагістралей безпеки.

**Предмет дослідження:** Параметри конструкції та технології виготовлення елемента пасивної безпеки.

**Методи дослідження:** пошук інженерних рішень, розробок у сфері систем пасивної безпеки для автошляхів.

**Наукова новизна:** Нове технічне рішення системи пасивної безпеки.

**Практичне значення:** Конструкція, технологія виготовлення та дослідницький зразок вітрогенеруючої системи з пасивною системою безпеки.

**Апробація результатів дисертації:** за розробленим технічним рішенням було подано патент на винахід, номер заявки а 2019 06194, було прийнято участь у студентській науковій конференції «Інновації молоді в машинобудуванні 2019».



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	12
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ .....	13
1.1 Статистика автокатастроф у світі .....	13
1.2. Статистика ДТП в Україні .....	14
1.3. Дослідження розробок у сфері дорожнього огороження бар'єрного типу .....	14
1.4. Системи комп'ютерного моделювання потоків повітря для вертикальних вітрогенераторів.....	18
1.4.1 Метод кінцевих елементів .....	19
1.4.2 Метод із зосередженими параметрами.....	19
1.4.3 Модальний аналіз.....	20
1.4.4 Багатофункціональний аналіз.....	20
1.5 Мозковий штурм пошуку технічного рішення .....	20
1.6 Прогноз стартап-проекту.....	22
1.7 Висновки по розділу .....	24
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАГІСТРАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА ІЗ ЕЛЕМЕНТОМ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ .....	25
2.1. Технічне рішення автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки.....	25
2.1.1. Кінематична схема автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки.....	25
2.1.2. Патентування автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки.....	26

2.2. Ескізний проект автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки.....	29
2.2.1. Загальний вигляд автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки.....	29
2.2.2. Ескізи запропонованого розміщення .....	30
2.6. Розрахунок параметрів елементів пасивної безпеки .....	33
2.6.1. Розрахунок пружної частини .....	33
2.6.2 Розрахунок основного опорного елемента .....	35
2.6.3. Розрахунок гальмуючого елемента .....	37
2.7. Ескізний проект елементів пасивної безпеки.....	42
2.8. Конструкція елемента пасивної безпеки .....	44
2.9.Перевірка на міцність конструкції елемента пасивної безпеки за допомогою комп'ютерної симуляції .....	47
2.10. Конструкція автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки.....	51
2.11. Висновки по розділу .....	57
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАГІСТРАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА З ЕЛЕМЕНТАМИ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ.....</b>	
3.1. Технологічне та інструментальне забезпечення виготовлення елемента пасивної безпеки.....	58
3.1.1. Технологія виготовлення бокових опор .....	58
3.1.2. Технологія виготовлення деталей типу втулка .....	59
3.1.3. Технологія виготовлення частин циліндричної частини.....	65
3.1.4. Технологія виготовлення генераторного блоку .....	66
3.2 Виготовлення елементів конструкції за допомогою адитивних технологій .....	68

3.3 Огляд надрукованих деталей на 3d-принтері .....	71
3.4 Виготовлення макету CarWind .....	72
3.4 Висновки по розділу .....	76
РОЗДІЛ 4. СТАРТАП-ПРОЕКТ CarWind.....	77
4.1 Опис ідеї проекту .....	77
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	79
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	80
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	87
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	89
4.6 Висновки по аналізу стартап-проекту.....	92
Загальні висновки і рекомендації .....	93
Додаток А.....	96
Додаток Б .....	97

## ВСТУП

У наш час стрімко розвивається автомобільна промисловість, особливо з появою ринку автомобілів з електричним приводом. Тепер транспортний засіб – це вже не предмет розкоші, а засіб пересування.

Дуже помітним став приріст кількості автомобілів у містах. З кожним роком затори стають довшими, частіше трапляються аварії. Люди все менше користуються громадським транспортом.

Автомобілі як відомо створюють пориви вітру під час руху, з цього можна також мати зиск. Вітрові потоки можна використати для генерування енергії, якщо встановити у потрібному місці такий собі перетворювач механічної енергії в електричну – вітрогенератор. Це дасть змогу знизити потребу у всіх видах палива, які використовуються на теплових електростанціях, що в свою чергу призведе до зниження викидів CO<sub>2</sub> за зменшити видобуток і так не нескінченних корисних копалин.

Але, нажаль автомобілі можуть створювати не лише потоки вітру а й небезпеку для здоров'я та життя людей. Чи не щодня у новинах з'являються статті про автокатастрофи та аварії на автошляхах. Дуже часто дорожні огородження, тобто відбійники, не справляються зі своїм завданням – запобігти людським жертвам та зупинити автомобіль.

Організація охорони раз на декілька років публікує звіти на основі досліджень автокатастроф і статистика має невтішний характер: кількість аварій на дорогах зростає з кожним роком.

Тому метою даної роботи є створення такого продукту, який виконуватиме декілька різних функцій принципово різних за своїм характером та був конкурентоспроможним на ринку, або створив би свій ринок продуктів.

Таким продуктом є автомагістральний вітрогенератор з елементом пасивної безпеки, який є водночас і джерелом зеленої енергії і дорожнім захисним огородженням.

## **РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ**

### **1.1 Статистика автокатастроф у світі**

Як зазначається у звіті Всесвітньої організації охорони здоров'я: «Дорожньо-транспортна пригода (ДТП) – це не просто випадки, це те, чому можна запобігти.» [1].

З кожним роком ситуація на дорогах погіршується. За даними ВООЗ смертність унаслідок ДТП зросла до 1,35 млн людей на рік, це в середньому близько 3700 смертей щоденно. Також у звіті зазначено, що травмування через ДТП є основною причиною смерті людей у віці від 5 до 29 років [1]

У країнах з низьким та середнім рівнями доходу спостерігається рівень смертності вищий ніж у країнах з високим рівнем доходів. Більш ніж 90% випадків смертності унаслідок ДТП відбувається в країнах з низьким та середнім доходом, на долю яких припадає менше 50% кількості всіх транспортних засобів світу [2].

За світовими даними у ВООЗ склали порівняльну таблицю основних причин смерті. У 2004 році смерть унаслідок ДТП стояла на дев'ятому місці у рейтингу, але вже прогнозують значний приріст до 2030 року, що поставить дану причину вже на п'яте місце змістивши навіть деякі онкологічні захворювання [2].

Варто також зауважити, що дорожньо-транспортний травматизм негативно впливає на економіку країн. Наприклад, глобальна шкода становить близько 518 млрд доларів США, що становить близько 1-3% ВВП країн, а це більше, ніж допомога, яку отримують країни в рамках допомоги розвитку [2].

У багатьох країнах використовують розділювачі смуг руху, які зарекомендували себе як економічно вигідний спосіб для зниження лобових зіткнень. Наприклад у Делі на одній з великих магістралей встановили

роздільний бар'єр і за 10 місяців його роботи не виникло жодного ДТП летального характеру.

## **1.2. Статистика ДТП в Україні**

Щодня в Україні близько восьми людей помирають унаслідок ДТП. Головними причинами виникнення автокатастроф є перевищення швидкості, обгін і порушення правил маневрування та водіння в нетверезому стані [3].

За дев'ять місяців 2019 року в Україні було зареєстровано 114769 аварій з 18446 потерпілими. У результаті ДТП загинуло 2369 людей, як зазначає патрульна поліція [4].

За словами експертів та працівників патрульної поліції значна кількість автокатастроф в Україні відбувається з причин лобового зіткнення, через відсутність відбійників або їх сумнівну якість та ефективність. Доволі часто транспортний засіб навіть малих габаритних розмірів та при відносно невисокій швидкості з легкістю проходить крізь дорожнє огороження, руйнуючи його [5].

Особливо небезпечними також є відбійники металевого типу. При ударі автомобіля під гострим кутом, вертикальні опори відбійника руйнуються, а горизонтальна балка може наскрізно пройти через салон автомобіля, завдаючи значних, а іноді й несумісних з життям травм водію та пасажиром. Це спричинене низькою якістю відбійника: затонкий метал, слабо зафіксовані опори. Через це даний тип відбійника вже називають у народі гільйотиною на дорозі [6].

За словами працівників служби порятунку, відбійники в Україні не відповідають реальним вимогам, вони мають поглинати удар та приймати удар по дотичній. Але саме неякісні бар'єри і є причиною травмування людей [7].

## **1.3. Дослідження розробок у сфері дорожнього огороження бар'єрного типу**

У даний час інженери та дизайнери пропонують все нові й нові автомобілі, що приваблюють покупців своїм дизайном, технічним рішенням та високою швидкістю.

Автомобілі можуть створювати під час руху не лише стрімкі потоки вітру, а й небезпечні ситуації під час маневрів та несприятливих погодних умов. А отже автошляхи потребують певного захисту від дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

В Україні вже існує стандартизоване дорожнє огороження бар'єрного типу. Воно являє собою довгу балку, закріплену на стовпчиках, що частково виступають з-під дорожнього покриття (рис. 1.11).

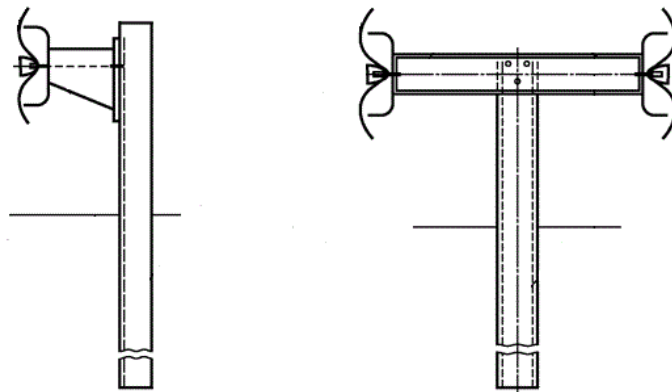


Рисунок 1.1 – огороження дорожнє металеве

Стовпчики заходять під дорожнє покриття більш ніж на 1 м. Даний тип огороження може бути як одностороннім (для встановлення на узбіччі) так і двостороннім (для встановлення на розділовій смузі) [8].

Існують також стандартизовані залізобетонні огороження парпетного типу (рис. 1.12). Вони мають доволі високу жорсткість. Стримувальна здатність таких бар'єрів лежить у межах 6–720 кДж. При ударі автомобіля поперечне переміщення робочої ділянки не перевищує 600 мм [9].

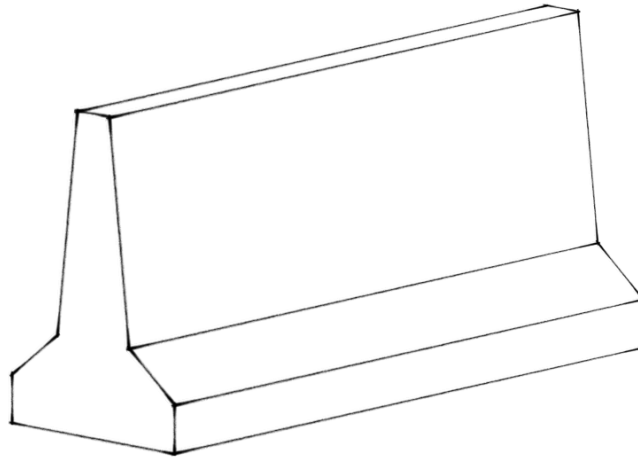


Рисунок 1.2 – залізобетонне дорожнє огородження

Бар'єри даного типу також можуть встановлюватись не лише на розділовій смузі автошляху, а й на узбіччі. Але головним недоліком такого бар'єру є його висока жорсткість. Через це транспортний засіб під час зіткнення отримує значні пошкодження. Замість того, щоб поглинати енергію зіткнення за рахунок власного деформування, даний тип огородження направляє її на транспортний засіб.

Існують також стандартизовані дорожні огородження тросового типу. Але даний тип не має високої жорсткості конструкції.

Вище описані стандартизовані дорожні огородження присутні на ринку дорожніх бар'єрів. Купуються зазвичай державними установами для будівництва чи ремонту автошляхів. Достойної альтернативи даним типам відбійників в Україні поки що не існує.

Але міжнародний ринок силових дорожніх бар'єрів нещодавно поповнився новою розробкою інженерів Південної Кореї (рис. 1.13).

Даний винахід являє собою ряд сталевих роликів, що закріплені на консольних стовпчиках, які заходять під дорожнє покриття. Вісь роликів підтримується горизонтальними балками зверху та знизу, але закріплена таким чином, щоб здійснювалось обертання.





Рисунок 1.3 – дорожнє огороження у вигляді роликів

Тобто під час удару під кутом, автомобіль починає прокочуватись по роликовій поверхні бар'єру. Варто зауважити, що дане огороження має певну пружність за рахунок гнучкої конструкції, що сприяє поглинанню незначної частини енергії удару. Такий відбійник добре підходить для встановлення на поворотах, небезпечних серпантинах та розділових смугах [10].

Однак, основною функцією даного огороження є зміна траєкторії автомобіля під час зіткнення. Тобто зменшення швидкості відбувається в основному за рахунок деформацій автомобіля. Але якщо водій сам не відпустить педаль газу, транспортний засіб продовжить рух вздовж відбійника. Це може створити додаткову небезпечну ситуацію на дорозі. Тому варто звернути увагу на дане питання.

Існує також розробка еластичного огороження (рис. 1.14). Воно має вигляд пружної горизонтальної балки закріпленої між консольними стовпчиками. Балка має пружні механічні властивості, оскільки виконана з еластичних матеріалів, та закріплена шарнірно, тому може виконувати додаткові частково обертальні рухи навколо стовпчика [11].



Рисунок 1.4. – еластичне огороження

Але основним недоліком даного продукту є його недостатня стійкість. Тобто він не може витримувати навантаження, які відбуваються при ударі автомобіля на досить високій швидкості. Тому цей тип огороження використовують на складах та паркуваннях, в місцях де немає високих швидкостей.

#### **1.4. Системи комп'ютерного моделювання потоків повітря для вертикальних вітрогенераторів**

Під час конструювання вітрогенератора застосовують певні системи комп'ютерного моделювання для аналізу напруження, симуляції потоків повітря, виявлення турбулентних зон і т.і. Для моделювання використовуються математичні моделі, які описують поведінку змодельованої системи. Вони використовуються для різних завдань, а саме: для моделі управління, моделі для аеродинамічних властивостей, моделі для дослідження напруження та стомлення матеріалів і т.і. Загальне правило під час моделювання математично моделі в тому, що моделі повинна бути такою ж складною, настільки вона має бути, але не більше того. Найбільш поширеними

методами, що використовуються для моделювання певних рішень при аналізі вітрогенераторів є [12]:

- Метод кінцевих елементів
- Метод із зосередженими параметрами
- Модальний аналіз
- Багатофункціональний аналіз

#### **1.4.1 Метод кінцевих елементів**

Метод кінцевих елементів (МКЕ) найчастіше використовується, коли потрібно дослідити поведінку структури матеріалу. Під час цього аналізу структура поділяється на велику кількість малих елементів. Кожен цей елемент має певні характеристики, а саме: товщина, жорсткість, модуль зсуву тощо. Також під час аналізу вказується елементи, які жорстко зафіксовані і не рухаються, всі інші елементи мають ступені вільності. Метод кінцевих елементів найчастіше використовується для детального вивчення окремих компонентів у великій системі [12]. Приклад використання цього метода зображено на рис. 1.15.

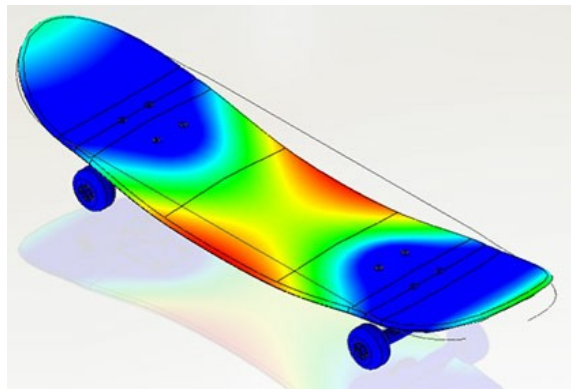


Рисунок 1.5 - Використання МКЕ [13]

#### **1.4.2 Метод із зосередженими параметрами**

Під час моделювання методом із зосередженими параметрами нерівномірне тіла вважається складеним із відносно невеликого числа тіл, які

можна просто охарактеризувати. Ці тіла можуть мати такі характеристики, як маса тіла або жорсткість. Наприклад привід вітрогенератора в дійсності складається з декількох компонентів, які обертаються, таких як ротор, різні вали, зубчасті колеса і т.і. При моделюванні трансмісії, під час використання цього метода, її розглядають як кілька елементів інерції та жорсткості. [12]

#### **1.4.3 Модальний аналіз**

Підхід модального аналізу дозволяє трансформувати зв'язані рівняння руху в роз'єднані «модальні» рівняння, кожен з яких можна вирішити окремо. Потім додаються результати кожного з модальних рівнянь, щоб отримати повний результат. Модальний аналіз є найбільш корисним для лінійних систем з класичним демпфуванням [12]

#### **1.4.4 Багатофункціональний аналіз**

Багатофункціональний аналіз відноситься до моделювання руху механічної системи, що складається з більш ніж однієї складової. В конструкції вітрогенератора завдяки цьому методу можна аналізувати усі типи з'єднань. Тіла можуть бути гнучкими, наприклад шків, а можуть бути жорсткими, наприклад зубчасті передачі. Зауважимо, що опис тіл в багатофункціональних системах є значно більш детальним, ніж опис моделей із зосередженими параметрами. Багатофункціональний метод передбачає створення динамічних рівнянь, що включають різні тіла та їх обмеження. Рівняння потім вирішуються відповідними чисельними методами. [12]

### **1.5 Мозковий штурм пошуку технічного рішення**

Для пошуку нового технічного рішення було вирішено застосувати метод мозкового штурму, заснований на стимулюванні творчої активності групи учасників. Метою даного методу є отримання на першому етапі максимально можливої кількості ідей від кожного з учасників групи з тим, щоб вирішити

якусь проблему або знайти відповідь на актуальне питання. По закінченню штурму вибирається найкраща ідея для її реалізації. [14]

Етапи та технологія мозкового штурму [14]:

1) Формулювання поточного стану та цілей.

В першу чергу було сформульовано поточний стан, з якого необхідно знайти вихід. Поточний стан був на стані ідеї, інноваційної новизни. Також була сформульована проблема, яка повинна бути вирішена. Проблемою була конструкція вітрогенератора та приклади застосування його на автомагістралях. Була призначена людина, яка записувала всі ідеї на папері.

2) Генерація ідей

До генерації ідеї були залучені студенти групи МІ-82мп, кафедри «Інтегровані технології машинобудування», Механіко-Машинобудівного Інституту, НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Заохочували їх називати стільки ідей, скільки можливо. Учасники висловлювали свої пропозиції та ідеї, які записувались без будь-якого цензурування. Координатор мозкового штурму, а саме Пасічник Віталій Анатолійович припиняв будь-які спроби оцінок життєздатності згенерованих учасниками ідей, перш ніж сесія була закінчена.

3) Аналіз

Коли відведений на мозковий штурм час закінчився, всі пропозиції були зібрані і в подальшому проаналізовані керівником проекту та студентами. Проаналізовані ідеї були поділені на 3 групи: можливі, важкоможливі, неможливі. Деякі із ідей зображені в табл. 1.1.

4) Виконання

Як тільки наша група дійшла згоди і сформулювала остаточне рішення, розпочалось виконання проекту.

Таблиця 1.1 – ідеї згенеровані під час мозкового штурму

Ідеї	Можливі	Важкоможливі	Неможливі
Використання для автозаправних станцій	+		

Використання для сповіщення про ДТП на автомагістралях	+		
Використання для підігріву дорожнього покриття в зимовий час		+	
Використання для освітлення автошляхів	+		
Генерування електроенергії від натиску на дорожнє покриття			+
Використання для світлофорів	+		
Встановлення вітрогенераторів в стічні канали			+
Встановлення реклами на вітрогенератор	+		
Встановлення вітрогенератора на відбійник		+	
Встановлення генератора під землею	+		
Генерування електроенергії від кульок, що встановлені на містках			+
Створення багаторівневої лопаткової системи із різними розмірами			+
Конструкція типу Савоніуса	+		

### 1.6 Прогноз стартап-проекту

Процес розробки стартап-проекту та впровадження його в ринок тієї чи іншої країни супроводжується виконанням певних етапів, в яких розробник аналізує ситуацію на ринку, організовує роботу команди і т.і. Ось наведені певні етапи розроблення стартап-проекту [15]:

1) Маркетинговий аналіз стартап-проекту. Під час цього етапу будемо: розробляти опис ідеї та способи використання автомобільного вітрогенератора із елементом пасивної безпеки і його відмінності із продуктами, які вже існують на ринку; аналізувати переваги та недоліки даної ідеї; розробляти стратегія впровадження продукту в ринок.

2) Організація стартап-проекту. Під час цього етапу будемо: прописувати етапи реалізації виготовлення автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки із конкретними термінами та строками; прораховувати потреба в нематеріальних активах, які потрібні для реалізації стартап-проекту; розраховувати початкові витрати для запуску проекту.

3) Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту. Під час цього етапу будемо: розраховувати необхідний обсяг інвестицій в даний проект; розраховувати усі матеріальні показники проекту та визначати основні

показники інвестиційної привабливості проекту; визначати основні ризики проекту та шляхи їх запобігання.

4) Заходи з комерціалізації проекту. Під час цього етапу будемо: розмірковувати, як виглядає типовий інвестор нашого проекту; створювати інвест-пропозиції для потенційних інвесторів; прораховувати, як будемо залучати інвесторів до стартап-проекту.

Для даного проекту обрано ринок збуту – Китай, провідні країни Європейського Союзу, та країни Північної Америки, тому що вони платеспроможні і зацікавлені у використанні нових технологій і ідей в альтернативних джерелах, що зображено на рис. 1.6 [16].

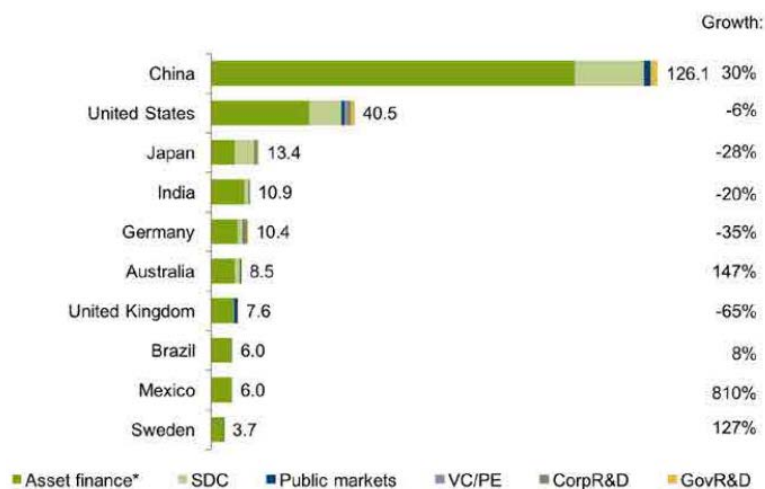


Рисунок 1.6 - Нові інвестиції в відновлювальну енергетику в топ-10 країнах, які активно розвиваються [16]

Вітроенергетика з кожним роком отримує все більше інвестицій через політику держав з приводу екологічного добування електроенергії. За результатами досліджень [17], що зображені на рис.1.7 можна спостерігати, що відсоток інвестицій в нові технології в вітроенергетику складає майже дві третини від загальних інвестицій в відновлювальні джерела енергії у порівнянні із 52% у 2017 році. Отже, ринок приділяє багато уваги саме сучасним альтернативним джерелам енергії.

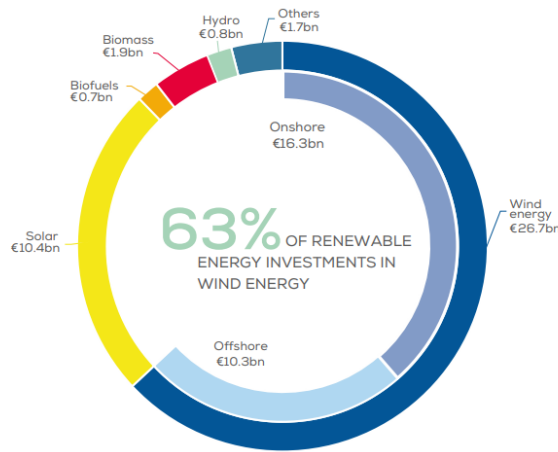


Рисунок 1.7 - Інвестиції у відновлювані джерела енергії у 2018 році [17]

Під час розробки стартап-проекту можливо виникнення певних труднощів, а саме: недостатність практичних навичок створення виробу, відсутність потрібного обладнання, помилки у технологічному процесі, недостатність коштів. Але відсутність великої конкуренції, інноваційна ідея та можливість удосконалення конструкції автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки і використання його в подальшому на швидкісних автомагістралях є сприятливими факторами для стартап-проекту.

### 1.7 Висновки по розділу

За проведеною пошуковою роботою можна зробити такі висновки: стандартні типи дорожніх огорожень не є достатньо ефективними й іноді навіть завдають шкоди водіям та пасажиром транспортних засобів.

Ринок альтернативних рішень систем безпеки не є великим, а тому і конкуренція продукту буде відносно невеликою. А аналога зі скомбінованими функціями джерела зеленої енергії і відбійника знайдено не було, це означає, що робота проводиться над новим продуктом.



## **РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАГІСТРАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА ІЗ ЕЛЕМЕНТОМ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ**

### **2.1. Технічне рішення автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки**

#### **2.1.1. Кінематична схема автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки**

Після проведеної пошуковою роботою виникла ідея створення виробу що поєднує в собі декілька важливих функцій. А саме вітрогенеруюча установка для автомагістралі, що містить в своїй конструкції елемент пасивної безпеки, своєрідний відбійник, бар'єр, що поглинає значну енергію, яка виникає при ударі автомобіля.

Для початку розглянемо кінематичну схему механізму (рис. 2.1). Винахід повинен містити такі головні елементи: ротор вітрогенератора з лопатями, прикріплений до осі; електричний генератор, з'єднаний з віссю і встановлений під дорожнім покриттям; бочкоподібний елемент безпеки з можливістю повертання навколо осі ротора; задля збільшення ефекту поглинання енергії зіткнення варто встановити гальма для збільшення зусилля повороту елемента безпеки; та бокові опори, що підтримують вісь установки; підшипники для зменшення втрат механічної енергії обертання.

Кінематична схема побудована у відповідному масштабі, з урахуванням співвідношення елементів. За стандартами найбільша допустима ширина відбійника для розділової смуги становить 0,75м. [18]

Висота бар'єру з елементами безпеки обираємо з урахуванням параметрів автомобіля. Рівень капоту легкових автомобілів в середньому становить приблизно 1100 мм.

Загальну висоту виробу обираємо з урахуванням висоти вантажних автомобілів та позашляховиків близько 2000 мм.

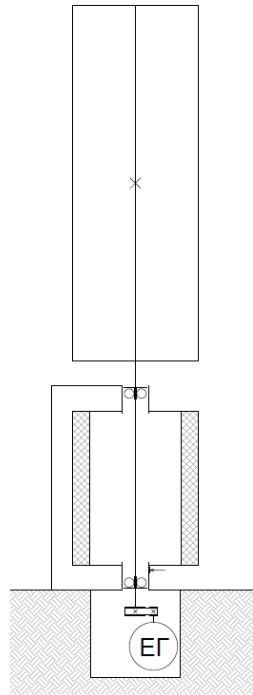


Рисунок 2.1 - Кінематична схема механізму.

### **2.1.2. Патентування автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки**

За даними технічними рішеннями було подано заявку на винахід «Вертикальний вітрогенератор для автомагістралей з елементами пасивної безпеки». Реєстраційний номер заявки: а 2019 06194.

Винахід являє собою систему генерування енергії на автомагістралях, що встановлена на довгому горизонтальному бар'єрі, на верхній частині якого розташований ряд вітрових турбін з електрогенераторами, яка відрізняється тим, що горизонтальний бар'єр виконаний у вигляді окремих бочкоподібних демпфуючих елементів пасивної безпеки, виконаних з можливістю обертання зі супротивом навколо осі вітрової турбіни.

Даний винахід належить до галузі енергетики, зокрема до вітроенергетичних систем з вертикальною віссю обертання вітроколеса. Ці системи призначені для перетворення енергії потоку вітру в електричну енергію.

Відома конструкція вітрогенератора, що включає ротор, вітроколесо, статор, опору, контролер, акумуляторну батарею, інвертор [19]. Конструкція містить щонайменше три траверси, розміщені в одній площині.

Недоліком даної конструкції є небезпека використання даної конструкції на автомагістралях, оскільки її особливості не передбачають захисту в разі зіткнення з автомобілем.

Відома конструкція [20], що має таку конструктивну схему: вертикальний вал вітроенергетичної установки, вертикальний вал гідротурбіни, робочі лопаті ротора, гідротурбіну, основу шестерню передачі крутильного моменту електрогенератора, шестерню зачеплення, електрогенератор, верхню опору валу, розтяжки, водогін, нижню опору, додаткову опору, муфту.

Недоліком даної конструкції є недостатня міцність при ударі автомобіля, а в результаті й небезпеку використання на автомагістралях.

Найближчою до заявленого винаходу є конструкція [21], яка взята за прототип. Система генерування енергії на автомагістралях, що встановлена на довгому горизонтальному бар'єрі, на верхній частині якого розташований ряд вітрових турбін з електрогенераторами.

Недоліком даної конструкції є висока жорсткість горизонтального бар'єру, тому при зіткненні з автомобілем більша частина енергії деформації припадає на автомобіль. В результаті цього транспортний засіб зазнає значних пошкоджень, що збільшує небезпеку для водія та пасажирів.

Заявлена конструктивна схема (рис.2.2) не має недоліків, наведених вище. Вона складається з: вітрової турбіни 1 вітрогенератора, що жорстко закріплені на осі 2, що розміщений на одній осі з бочкоподібним демпфуючим елементом пасивної безпеки виконаним з можливістю обертання зі супротивом 3, для гасіння енергії зіткнення з автомобілем та має середню опору 4. Вісь вітрогенератора під'єднується до електрогенератора 5 муфтою 6. Вітрова турбіна підтримується верхньою опорою 7.

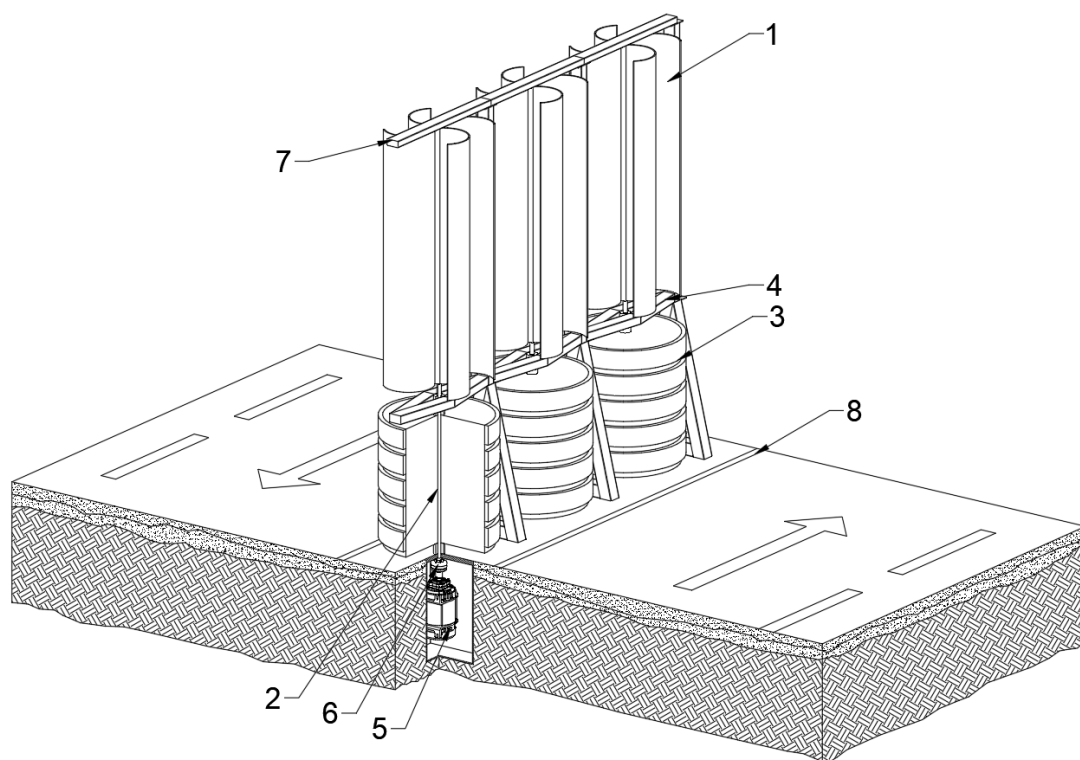


Рисунок 2.2 – Схема винаходу

Дана конструкція призначена для розміщення на автошляхах та на розділовій смузі 8 або на узбіччі.

Вітрова турбіна призначена для вироблення електричної енергії від вітрових потоків на дорогах, що утворюються внаслідок руху автомобілів. Також дана конструкція може уловлювати природні вітрові потоки.

За допомогою бочкоподібного демпфуючого елемента пасивної безпеки виконаного з можливістю обертання зі супротивом навколо осі вітрової турбіни здатна гасити енергію зіткнення автомобіля зменшує шкоду зіткнення, підвищує рівень безпеки на автошляхах.

В штатному режимі система генерування енергії на автошляхах уловлює потоки повітря, що створюються транспортними засобами. При виникненні нештатної ситуації, коли транспортний засіб перетинає суцільну смугу і рухається під невеликим кутом до розділового бар'єру, транспортний засіб починає контактувати з бочкоподібним демпфуючим елементом пасивної безпеки, який починає деформуватись, поглинаючи тим самим частину енергії

зіткнення, а також починає провертатись навколо осі вітрової турбіни, при цьому спротив обертанню цього елемента також відбирає частину енергії зіткнення. При подальшому русі транспортний засіб починає контактувати з наступними бочкоподібними демпфуючими елементами пасивної безпеки, кожен з яких гасить частину енергії зіткнення. При невеликих кутах контакту транспортного засобу з розділовим бар'єром та невеликих енергіях руху можлива ситуація виправлення траєкторії руху транспортного засобу і повернення його в смугу руху.

При збільшенні кута зіткнення транспортного засобу з розділовим бар'єром або при великих енергіях руху транспортного засобу після вичерпування можливості гасіння енергії бочкоподібними демпфуючими елементами пасивної безпеки, в тому числі за рахунок спротиву обертання, починається процес руйнування автомобіля і розділового бар'єру в степені, що визначається умовами зіткнення, але й у цьому випадку наслідки руйнування транспортного засобу будуть меншими через те, що частина енергії вже на цей момент погашена бочкоподібним демпфуючим елементом пасивної безпеки.

## **2.2. Ескізний проект автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки**

### **2.2.1. Загальний вигляд автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки**

Наступним етапом проектування є ескізний проект, який будується для формування загального вигляду виробу та компоновки ідей.

Ескізний проект – це «проектна конструкторська документація, яка містить принципові конструктивні розв'язки, достатні, щоб отримати загальну уяву про конструкцію та принцип дії виробу, а також дані, що визначають його відповідність призначенню, основні параметри і габаритні розміри» [22].

Ескізний проект будуємо, взявши за основу кінематичну схему. Спочатку побудуємо елемент пасивної безпеки, який має бочкоподібну форму.

Його вісь підтримується боковими опорами, які закріплені в опорній поверхні (рис. 2.3).

Наступне – ротор вітрової турбіни, розміщений співвісно з бочкоподібним елементом. Він також потребує підтримку опорами через значну довжину.

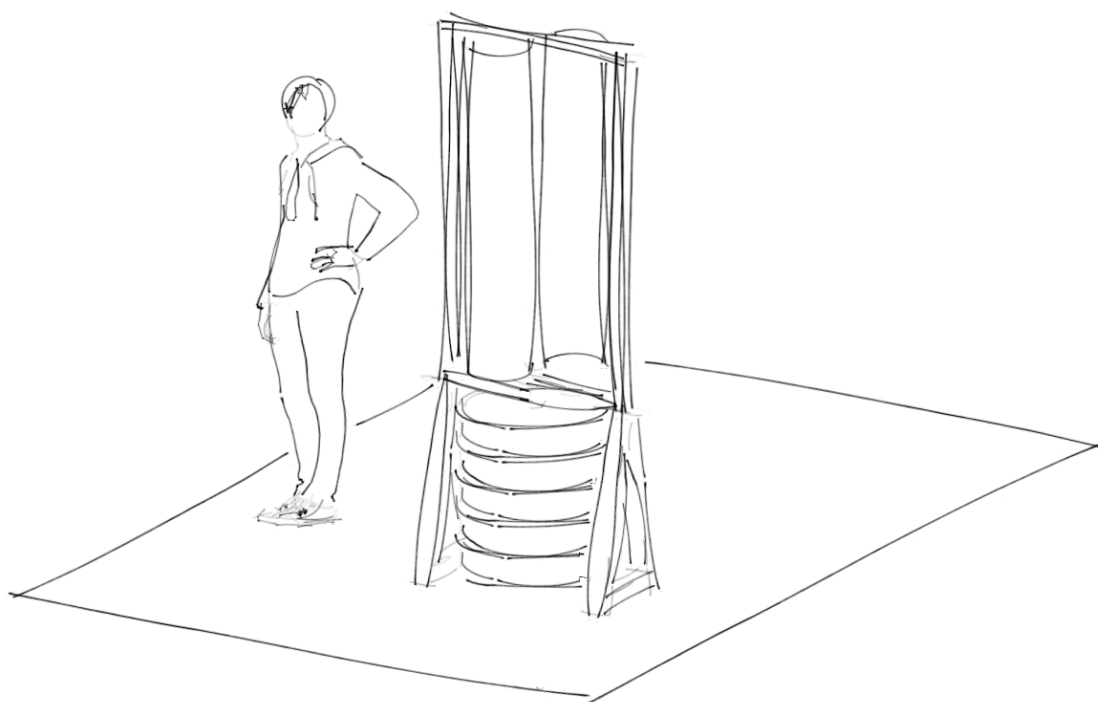


Рисунок 2.3 – Ескіз запропонованого винаходу.

Дана конструкція повинна мати кріпильні елементи з обох боків, оскільки доцільніше використовувати даний винахід в масовому розміщенні, а тому і кріплення цілого ряду між собою має бути простим.

### **2.2.2. Ескізи запропонованого розміщення**

Наступним етапом ескізного проектування є розміщення запропонованого виробу у побуті. Запропонована конструкція передбачає встановлення даного виробу на автомагістралях, а саме на розділовій смузі або на узбіччі як альтернативу звичайному відбійнику (рис 2.4).



Рисунок 2.4 – Розміщення на автомагістралі вітрогенератора з елементом пасивної безпеки

При виготовленні виробу можна обирати його колір, згідно з побажанням замовника. Однак варто використовувати кольори, які привертають увагу достатню для того, щоб водій міг відчувати комфорт та безпеку водночас.

Також було розроблено концепцію розміщення даного продукту на мостах (рис. 2.5). В даному випадку ряд розміщено на розділовій смузі, що дозволяє знизити можливість лобового зіткнення.



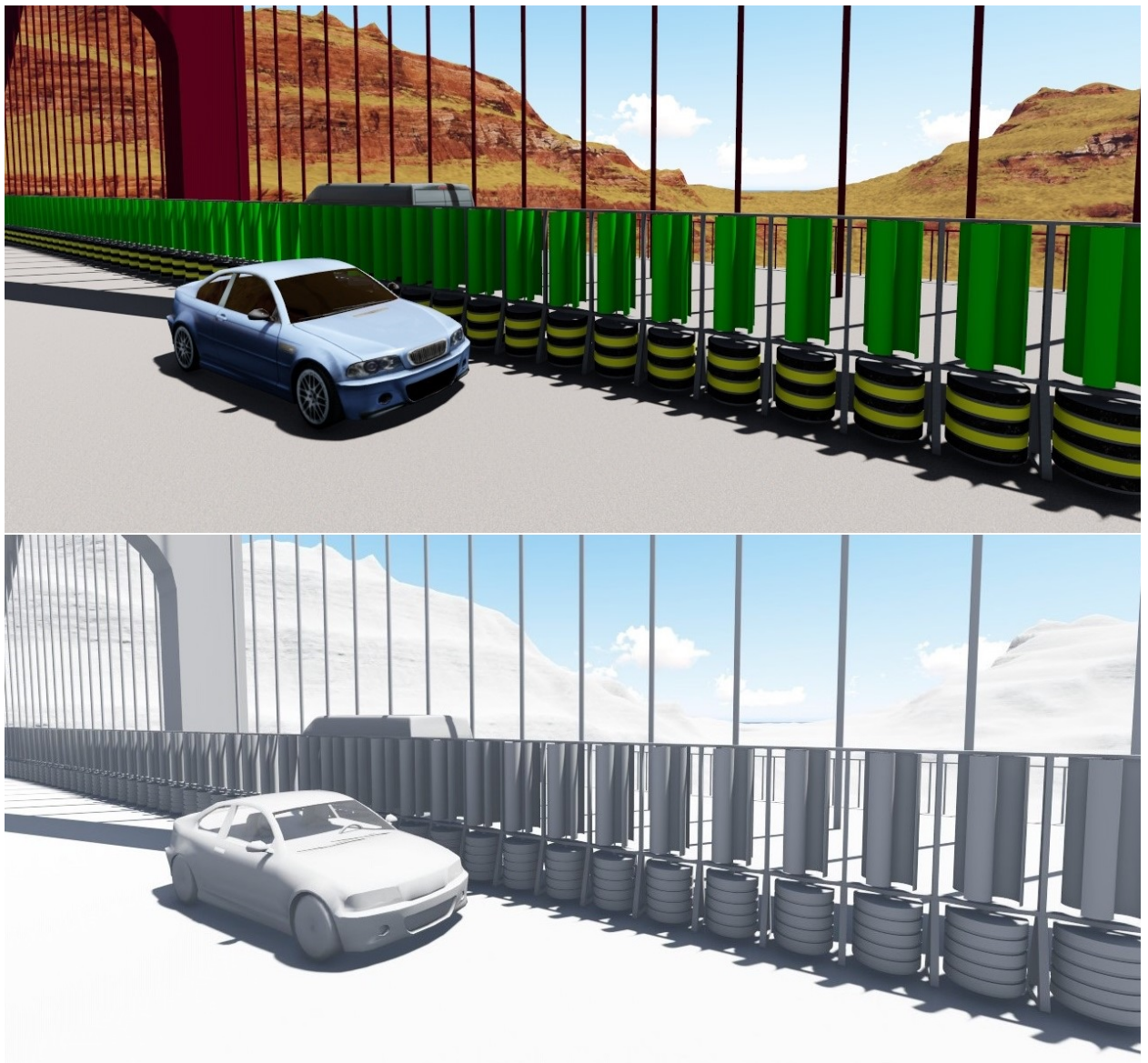


Рисунок 2.5 – Розміщення на автомагістралі вітрогенератора з елементом пасивної безпеки на мостах

Як бачимо, функціонал автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки не обмежується лише звичайними автомобільними шляхами. З дизайнерської ж точки зору, дана конструкція не повинна мати поганий естетичний вигляд.



## 2.6. Розрахунок параметрів елементів пасивної безпеки

### 2.6.1. Розрахунок пружної частини

У якості пружної частини елемента було обрано гумові кільця, що покривають бочкоподібний елемент. Обираємо гуму листову ГОСТ 7338-90 максимально можливої товщини – 60 мм.

Нам потрібно визначити яку кількість енергії поглинає пружний елемент при лобовому зіткненні з автомобілем масою  $m=1500$  кг і швидкістю  $v = 80$  км/год. Для розрахунку побудуємо схему (Рис. 2.6).

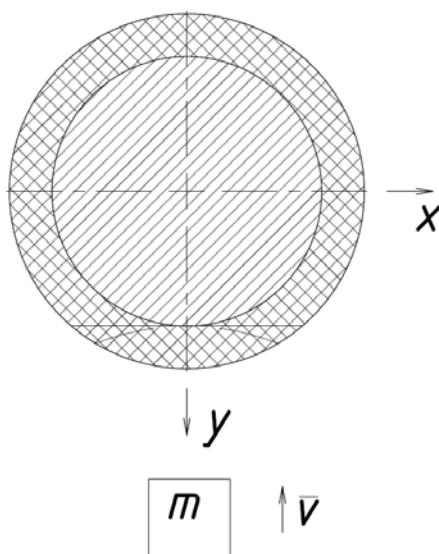


Рисунок 2.6 – Схема для розрахунку деформації гумового покриття.

Для початку переведемо одиниці швидкості в систему СІ та визначимо кінетичну енергію автомобіля:

$$80 \text{ км/год} = 22,22 \text{ м/с}$$

$$T_0 = \frac{mv^2}{2} \quad (2.1)$$

Підставимо значення у формулу (2.1):

$$T_0 = \frac{1500 \cdot 22,22^2}{2} \quad (2.2)$$

$$T_0 = 369630 \text{ Дж}$$

Далі визначимо максимальну кількість енергії, яку гасить гумова частина, що виникає при ударі автомобіля, прийнявши серцевину за ідеально жорсткий стержень [23-25]:

$$T = \frac{EF\Delta l_{max}^2}{2l} \quad (2.3)$$

де  $E = 8 \cdot 10^6$  Па [26] – модуль пружності Юнга;

$F$  – перемінна площа поздовжнього перерізу;

$l$  – товщина матеріалу;

$\Delta l_{max}$  – максимальна довжина стискання

Оскільки площа поздовжнього перерізу змінна, то вона матиме вигляд:

$$F = \int_0^l h \cdot y(x) dx \quad (2.4)$$

де  $y(x) = \sqrt{R^2 - x^2}$  – рівняння зовнішнього кола з центром в початку координат;

$h = 1,1$  м – висота циліндра.

У формулу (2.3) підставимо значення:

$$T = \frac{E\Delta l_{max}^2}{2l} \int_0^l h \cdot y(x) dx \quad (2.5)$$

$$T = 912 \text{ Дж}$$

Визначимо енергію транспортного засобу, що залишилась:

$$T' = T_0 - T \quad (2.6)$$

$$T' = 369630 - 912$$

$$T' = 368718 \text{ Дж}$$

Також визначимо швидкість транспортного засобу в момент максимальної деформації гумового елемента:

$$v' = \sqrt{\frac{2 \cdot T'}{m}} \quad (2.7)$$

$$v' = \sqrt{\frac{2 \cdot 358718}{1500}}$$

$$v' = 22,19$$

Наступною стадією удару є деформація жорсткої частини бар'єру.

### 2.6.2 Розрахунок основного опорного елемента

Основний опорний елемент буде виконаний у вигляді циліндричної бочки, до якої кріпиться пружна частина. Повинен мати більшу жорсткість ніж пружна частина, тому буде виготовлений з металу. Даний елемент повинен гасити значну енергію удару за рахунок власних еластичних та пластичних деформацій. Побудуємо схему деформування (рис. 2.7).

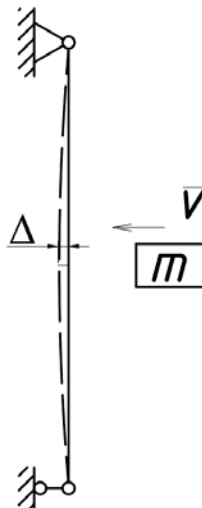


Рисунок 2.7 – Схема для розрахунку деформування жорсткої частини

У якості такого елемента оберемо трубу великого діаметру з товщиною стінки 6мм. Перевіримо деформацію при залишковій енергії:

$$\Delta = \Delta_{ст} \cdot k_d \quad (2.8)$$

де  $\Delta_{ст}$  – переміщення місця удару по горизонталі, викликане горизонтальною статичною силою, рівною вазі  $P$ , тіла, що ударяє;

$k_d$  – коефіцієнт динамічності [27].

Коефіцієнт динамічності виводиться з рівняння потенціальної енергії деформації:

$$k_d = \frac{v'}{\sqrt{g \cdot \Delta_{\text{ст}} [1 + \beta (Q/P)]}} \quad (2.9)$$

де  $v'$  – швидкість тіла;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$\beta = \frac{17}{35}$  – коефіцієнт приведення маси;

$Q = V\rho g$  – вага системи;

$P = mg$  – вага тіла [27].

Переміщення місця удару, що викликане статичною силою  $P$  визначаємо за методом Мора:

$$\Delta_{\text{ст}} = \sum \int_0^{l/2} \frac{\bar{M}_1(x) M_p(x) dx}{EJ} + \sum \int_0^{l/2} \frac{\bar{Q}_1(x) Q_p(x) dx}{GF} \quad (2.10)$$

де  $\bar{M}_1, \bar{Q}_1$  – зусилля в перерізі, що спричинені допоміжною силою  $\bar{X}_1$ ;

$M_p, Q_p$  – зусилля в перерізі системи;

$E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль пружності Юнга;

$J = \frac{\pi D^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right]$  – момент інерції перерізу труби;

$G$  – коефіцієнт пропорційності;

$F$  – площа поперечного перерізу [26].

Виконаємо підстановку моментів з урахуванням довжини стержня:

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{Pl^3}{48EJ} + \frac{4Pl}{5EJ} \quad (2.11)$$

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{14715 \cdot 1,1^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,23 \cdot 10^{-4}} + \frac{4 \cdot 14715 \cdot 1,1}{5 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,23 \cdot 10^{-4}}$$

$$\Delta_{\text{ст}} = 2,728 \cdot 10^{-5}$$

Далі знайдемо коефіцієнт динамічності, виконавши підстановку у формулу (2.7):

$$k_d = \frac{22,19}{\sqrt{9,81 \cdot 2,728 \cdot 10^{-5} \cdot \left[1 + \frac{17}{35} \cdot \left(570.53 / 14715\right)\right]}}$$

$$k_d = 1,344 \cdot 10^3$$

Знайдемо деформацію при залишковій енергії, виконавши підстановку у формулу (2.8):

$$\Delta = 2,728 \cdot 10^{-5} \cdot 1,344 \cdot 10^3$$

$$\Delta = 0,037 \text{ м}$$

Отже жорстка частина конструкції деформується на 0,037 м і зупиняє транспортний засіб.

### 2.6.3. Розрахунок гальмуючого елемента

Розглянемо випадок, коли транспортний засіб рухається по дотичній до циліндричного пружного елемента. Тоді при дотику конструкція не деформується, натомість виникає крутний момент, що збушує її обертатись. Тому для збільшення зусилля повороту використаємо своєрідні гальма, виконані у вигляді пружини кручення та виконаємо розрахунки на максимальний крутний момент, що вона може сприймати.

Припустимо, що автомобіль має рівну бокову поверхню, і під час контакту з бар'єром, циліндричний елемент прокочується по поверхні автомобіля без ковзання, тоді лінійна швидкість переміщення циліндра відносно поверхні буде рівна швидкості автомобіля.

Енергія тіла, що обертається дорівнює

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2} \quad (2.12)$$

де  $I$  — момент інерції тіла відносно осі обертання;

$\omega$  — кутова швидкість обертання тіла [28].

Кутова швидкість тіла, що обертається дорівнює добутку радіусу і лінійної швидкості обертання:

$$\omega = rv \quad (2.13)$$

$$\omega = 0,25 \cdot 22,22$$

$$\omega = 5,56 \text{ рад/с}$$

Визначимо момент інерції тіла, що обертається. Загальний момент інерції елементу буде дорівнювати сумі моментів інерції гумової та жорсткої частин:

$$I = I_{\Gamma} + I_{\text{ж}} \quad (2.14)$$

Момент інерції тіла циліндричної форми дорівнює:

$$I = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2) \quad (2.15)$$

де  $m$  — маса циліндру;

$R_1$  — зовнішній радіус циліндру;

$R_2$  — внутрішній радіус циліндру [28].

Визначимо масу гумової частини:

$$m_{\Gamma} = V \rho_{\Gamma} \quad (2.16)$$

Де  $V = (R_1^2 - R_2^2) \pi l$  — об'єм;

$\rho_{\Gamma} = 1200 \text{ кг/м}^3$  — густина гуми.

Виконаємо підстановку у формулу (2.6.16):

$$m_{\Gamma} = (0,25^2 - 0,19^2) \pi \cdot 1,1 \cdot 1200$$

$$m_{\Gamma} = 109,48 \text{ кг}$$

Знайдемо моменти інерцій, виконавши підстановку у формулу (2.15):

$$I_{\Gamma} = \frac{1}{2} \cdot 109,48 \cdot (0,25^2 + 0,19^2)$$

$$I_{\Gamma} = 5,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{\Gamma} = \frac{1}{2} \cdot 58,16 \cdot (0,19^2 + 0,184^2)$$

$$I_{\Gamma} = 2,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Сумарний момент інерції двох елементів:

$$I = 5,4 + 2,03$$

$$I = 7,43 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Знайдені значення моменту інерції та кутової швидкості підставимо у формулу (2.12) та знайдемо кінетичну енергію:

$$E_k = \frac{7,43 \cdot 5,56^2}{2}$$

$$E_k = 114,84 \text{ Дж}$$

Отже кінетична енергія обертання, яку надає автомобіль елементу безпеки становить 114,84 Дж.

Робота яку виконує тіло, що обертається дорівнює добутку моменту сили на кут повороту [28]:

$$A = M\varphi \quad (2.17)$$

де  $M$  – момент сили;

$\varphi$  – кут повороту.

Роботу тіла, що обертається також можна прирівняти до зміни кінетичної енергії. Оскільки до моменту удару кінетична енергія тіла  $E_{0k}$  дорівнювала нулю, то зміна кінетичної енергії дорівнює кінетичній енергії тіла, що виконує обертання, тобто  $E_k$  [28]. Таким чином отримаємо рівність:

$$A = E_k = M\varphi \quad (2.18)$$

Далі потрібно визначити кут, на який обертається елемент. Для цього потрібно спочатку визначити довжину поверхні автомобіля по якій прокочується циліндр.

Довжина автомобіля  $l$  класу «С» становить 4 – 4,5 м [29]. Оберемо найбільший варіант. Отже довжина поверхні, по якій прокочується циліндричний елемент безпеки становить 4,5м.

Розрахуємо кут повороту циліндра при прокочуванні по всій довжині автомобіля  $l$  в радіанах:

$$\varphi = \frac{l}{R} \quad (2.19)$$

$$\varphi = \frac{4,5}{0,25}$$

$$\varphi = 18 \text{ рад.}$$

Кут повороту 18 рад. занадто великий, для даного механізму, оскільки довжина пружини залежить саме від кута закручування. Тому оскільки елементи безпеки встановлюються в ряд для більшої ефективності, слід враховувати крок, з яким він устанавлюється на розділовій смузі. Оскільки діаметр становить 0,5 м, то і крок встановлення становитиме не менше 0,5 м.

Отже якщо врахувати крок установки, то автомобіль почне контактувати з наступним елементом безпеки ще до закінчення контакту з попереднім.

Розрахуємо кут повороту при повороті циліндру на крок установки:

$$\begin{aligned}\varphi' &= \frac{l'}{R} \\ \varphi &= \frac{0,5}{0,25} \\ \varphi &= 2 \text{ рад.}\end{aligned}\tag{2.20}$$

За формулою (2.18) визначимо момент сили, що виникає у елементі безпеки при обертанні:

$$\begin{aligned}M &= \frac{E_K}{\varphi} \\ M &= \frac{114,84}{2} \\ M &= 57,42 \text{ Н}\cdot\text{м}\end{aligned}\tag{2.21}$$

Далі знайдемо діаметр прутка пружини:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32MK}{\pi[\sigma_{зг}]}}\tag{2.22}$$

де  $K$  — коефіцієнт форми перерізу та кривизни витка;

$[\sigma_{зг}]$  — максимальне допустиме згинальне напруження [30].

Коефіцієнт форми перерізу та кривизни витка знаходиться за формулою:

$$K = \frac{4c - 1}{4c - 4}\tag{2.23}$$

де  $c$  — індекс пружини, відношення середнього діаметру пружини до діаметру прутка пружини, обирається за таблицею [30].



Оберемо тип, клас та розряд пружини для визначення індексу пружини. Тип – пружина кручення з прямими кінцями, розміщеними вздовж осі пружини. Виготовлена з прутка круглого перерізу ГОСТ 14963-78. Даний тип пружини належить до першого класу, третього розряду пружин. Максимальне дотичне напруження  $[\tau_3] = 560$  МПа, діаметр прутка 3-12 мм [31]. Рекомендовані значення індексу пружини для заданого діапазону діаметрів  $c = 4..10$  [30] Обираємо середнє значення:  $c = 7$ .

Виконаємо підстановку у формулу (2.6.22):

$$K = \frac{4 \cdot 7 - 1}{4 \cdot 7 - 4}$$

$$K = 1,125$$

Визначимо максимально допустиме згинальне напруження:

$$[\sigma_{зг}] = [\tau_3] \cdot 1,25 \quad (2.24)$$

$$[\sigma_{зг}] = 1,25 \cdot 560$$

$$[\sigma_{зг}] = 700 \text{ МПа}$$

Далі виконаємо підстановку в формулу (2.21) і знайдемо діаметр прутка пружини:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 57,42 \cdot 1,125}{\pi \cdot 700 \cdot 10^6}}$$

$$d = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Отже мінімальний діаметр дроту пружини становить 9,8 мм. Оберемо найближче ціле значення  $d = 10$  мм.

Визначимо найбільший кут закручування в градусах:

$$\alpha = \varphi \cdot \frac{180}{\pi} \quad (2.25)$$

$$\alpha = 115^\circ$$

Далі визначимо кількість робочих витків:

$$n = \frac{1000 K \alpha}{1,8 c [\sigma_{зг}]} \quad (2.26)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 1,125 \cdot 115}{1,8 \cdot 7 \cdot 700}$$

$$n = 14,42$$

Отже розрахункова кількість робочих витків становить 14,42, округлимо до цілого значення:  $n = 14$  витків.

Далі визначимо висоту пружини з урахуванням кількості витків:

$$l_0 = (n + 1)d + n\delta \quad (2.27)$$

де  $\delta = 0,5$  – рекомендований зазор між витками [30].

Виконаємо підстановку у формулу (2.26):

$$l_0 = (14 + 1) \cdot 10 + 14 \cdot 0,5$$

$$l_0 = 97 \text{ мм}$$

Знайдемо крок пружини:

$$t = d + \delta$$

$$t = 10 + 0,5$$

$$t = 10,5 \text{ мм}$$

За даними розрахунками почнемо розробляти конструкцію виробу.

## 2.7. Ескізний проект елементів пасивної безпеки

Отримані результати розрахунків беремо до уваги при розробці ескізного проекту (Рис. 2.8). Отже дана конструкція матиме основну циліндричну частину 1, з можливістю повороту навколо власної осі. Але поворот здійснюється з гальмуванням за рахунок розрахованої пружини 2. Увесь цей механізм підтримується боковими опорами 3, які мають пірамідальну форму. На опорах зверху закріплена горизонтальна балка 4, яка тримає саму вісь циліндру.

Таким чином отримаємо ескіз пасивного елемента безпеки. При подальшій розробці конструкції варто також враховувати конструкцію вітрової турбіни та технологічність деталей виробу.

У зв'язку з останніми трендами та побоюваннями екологів можна запропонувати більш екологічну версію виробу з використанням вторинних

матеріалів. Наприклад, в якості пружної гумової частини можна використовувати відпрацьовані автомобільні шини з еластичним наповнювачем (рис. 2.9).

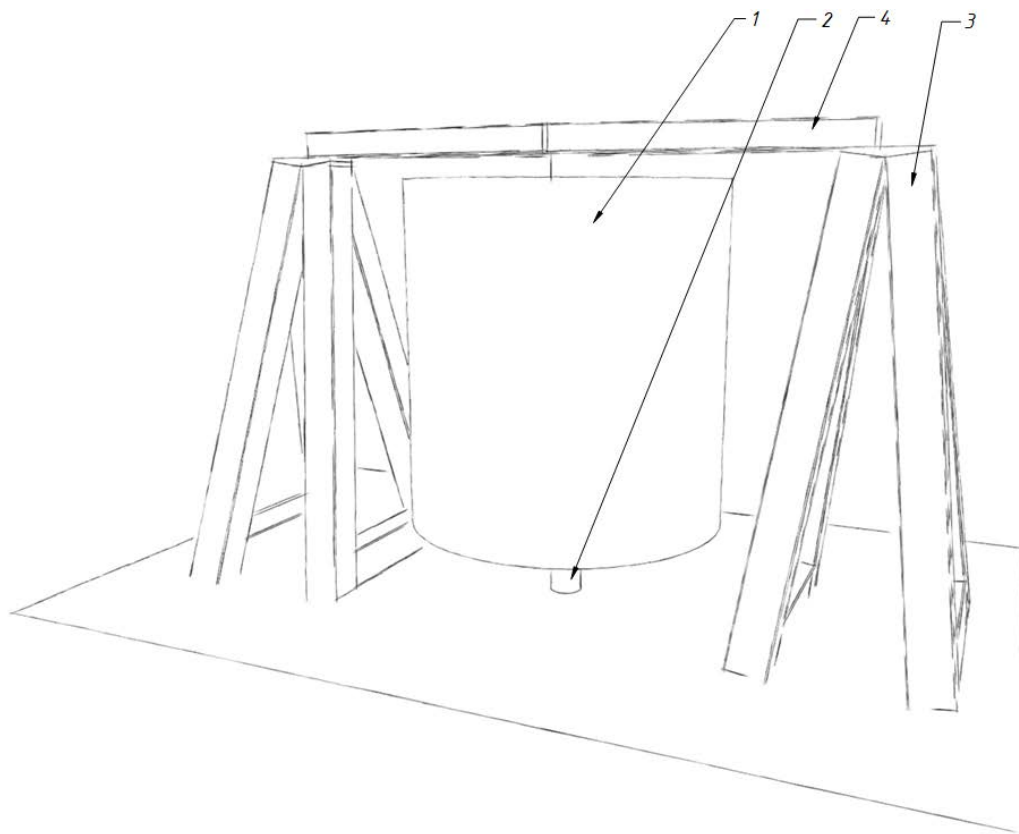


Рисунок 2.8 – Ескіз елемента безпеки

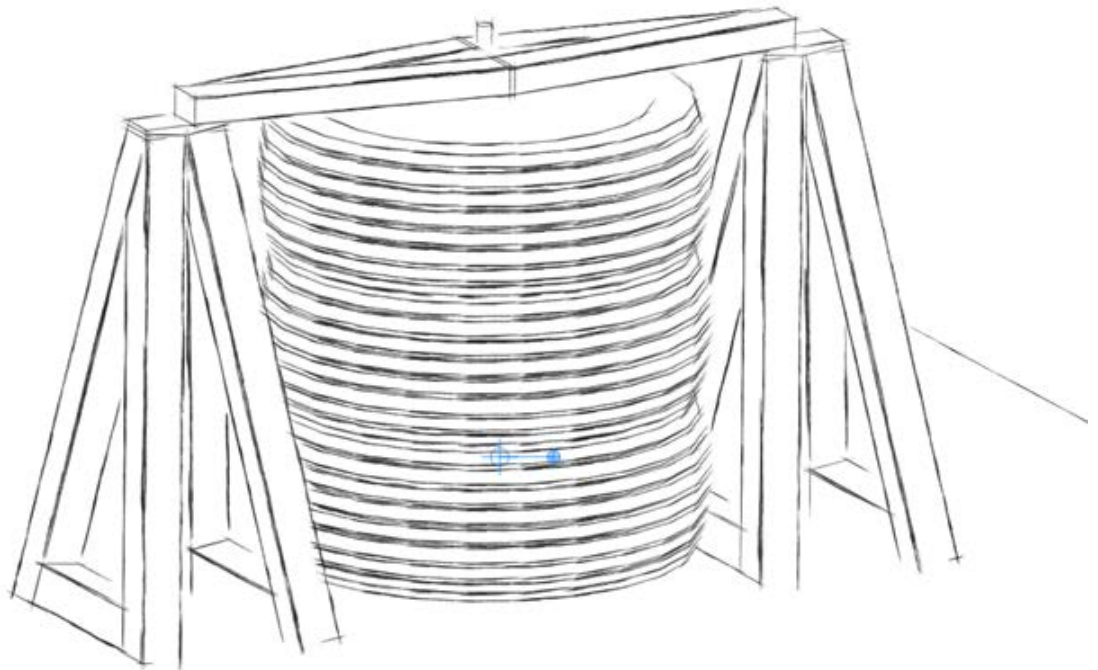


Рисунок 2.9 – Ескіз пасивного елемента безпеки з використанням автомобільних шин

Діаметр автомобільних шин становить 521 – 692 мм [32]. За стандартом, ширина розділової смуги може бути 0,75 м, тому використання автомобільних шин в якості пружного елемента можливе. Оскільки ширина профілю шини може становити більш ніж 60мм, то і еластичність пружної частини буде більшою, тому зможе погасити більшу кількість енергії зіткнення за рахунок власних еластичних деформацій.

## **2.8. Конструкція елемента пасивної безпеки**

При розробці конструкції виробу варто враховувати не лише виконані розрахунки, а й розміщення інших елементів загальної конструкції (Рис.2.10). Електричний генератор та елементи передачі крутного моменту розміщуються під землею в ємкості. Ця ємкість накрита люком 11, до якого прикручена опорна втулка 14 з виточками під гумове кільце 27 та змащувальне мастило. На опорну втулку спирається упорна втулка 16, яка тримає дно 13. На дно

спирається труба 9 діаметру 406мм, до обох боків якої прикріплені кільця 8,12 з кутовим перерізом. Зверху труба накрита кришкою 7, яка прикручена до різьбової упорної втулки 4. Підшипникова втулка 5 із зовнішньою різзю, та отворами під спеціальний ключ, для регулювання натягу підшипників кочення. Для запобігання викручування підшипникової втулки застосовуємо стопорну втулку 6, яка також має зовнішню різь та отвори під спеціальний ключ. На різьбову втулку опирається верхня опорна втулка 3, закріплена на горизонтальній опорі 2. Горизонтальна опора з обох кінців кріпиться до нижніх вертикальних опор 1. До труби кріпиться пружний елемент 10, виготовлений з гуми. Роль гальмівного елементу виконує пружина кручення 15, що має вигнуті вздовж осі, які проходять наскрізно люк та опорну втулку з одного боку і упорну втулку та дно з іншого. Усі втулки й пружина мають спільну вісь обертання для забезпечення розміщення осі вітрогенератора (Рис.2.8.2). А упорна втулка і підшипникова втулка мають оброблені внутрішні посадкові поверхні для розміщення підшипників.

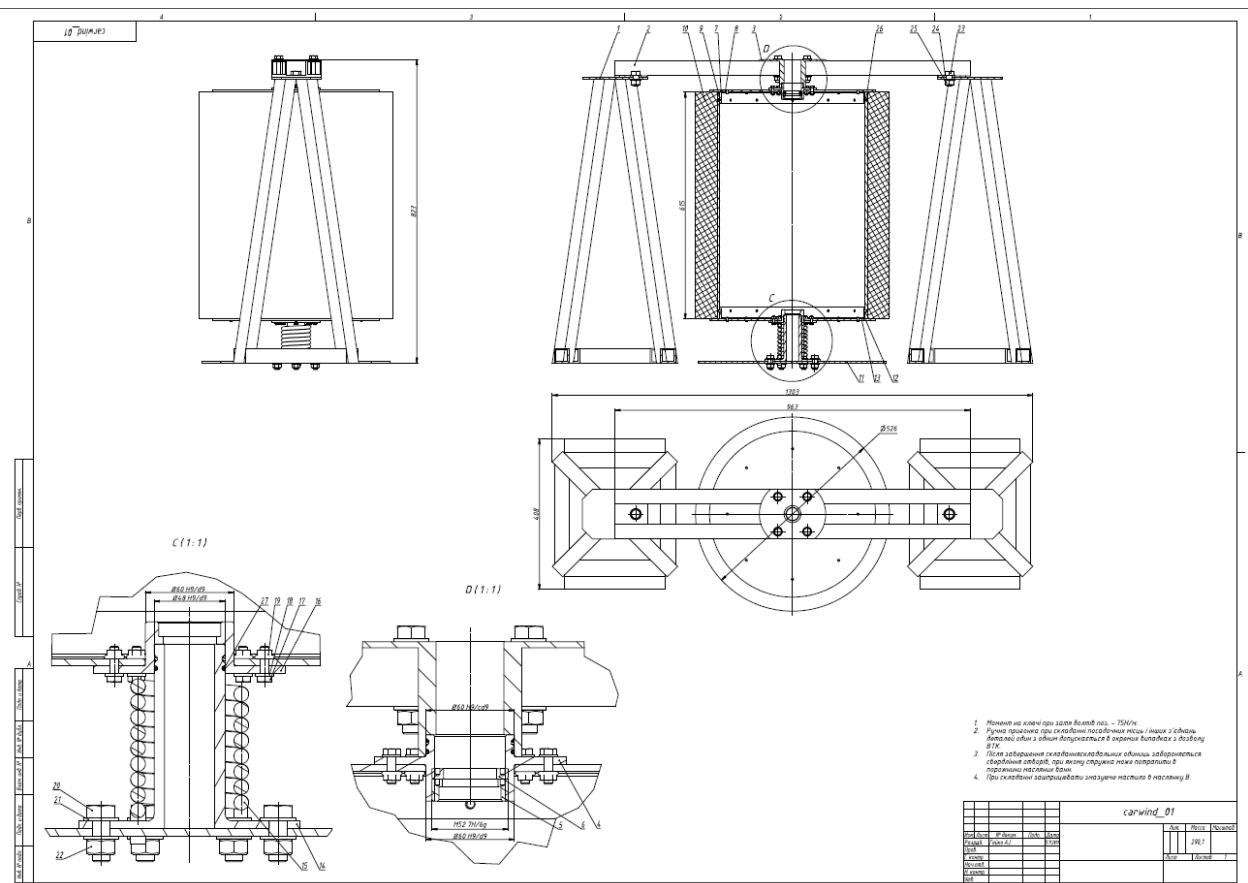


Рисунок 2.10 – Конструкція елемента пасивної безпеки

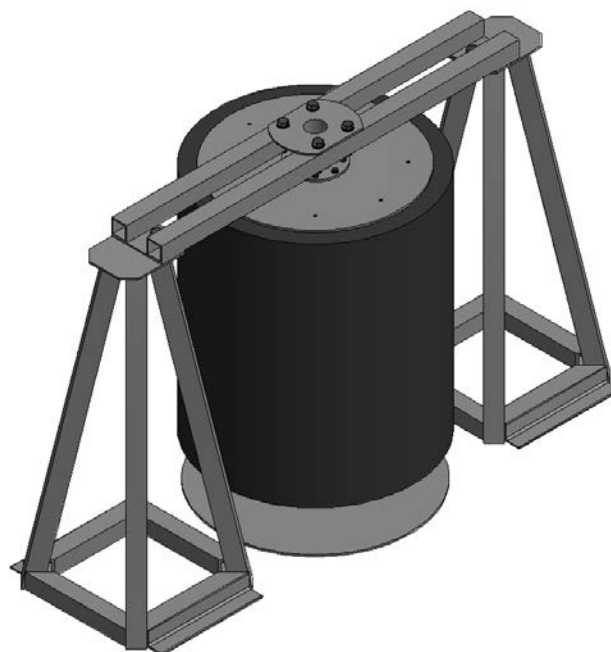


Рисунок 2.11 – 3D-модель елемента пасивної безпеки

Для виготовлення опор використовуємо профільні труби з конструкційної сталі, листову конструкційну сталь та сталеві кутники.

Для виготовлення втулок також використаємо конструкційну сталь.

Кріпильні елементи, які використовуємо для з'єднання таких деталей як дно та упорна втулка чи кришка та різьбова втулка: болт М6 ГОСТ 7798-70, гайка М6 ГОСТ 5915-70 та шайба за ГОСТ 11371-78.

Для кріплення кілець до труби, дна та кришки використовуємо кріпильний елемент заклепку ISO 2341 А А-4х8:1.

Якщо використовувати в якості пружного елемента відпрацьовані автомобільні шини, то для даного діаметру труби підходять лише шини з внутрішнім діаметром 406 мм, або 16". Тому, для використання шин іншого діаметру будемо використовувати труби різного діаметру. Ширина шин також різна, тому в залежності від висоти будемо використовувати різну їх кількість.

Для виготовлення макету були використані автомобільні шини 205/55 R16, де 205 – це ширина шини в міліметрах, 55 – це пропорційність, R16 – це діаметр обідка в дюймах.

В якості заповнення шин можна використовувати відходи, такі як пластик або інші матеріали з відповідною пластичністю та твердістю.

## **2.9.Перевірка на міцність конструкції елемента пасивної безпеки за допомогою комп'ютерної симуляції**

У якості програмного забезпечення для побудови моделі зіткнення автомобіля з елементом безпеки було обрано «Autodesk Fusion 360», оскільки розробник надає безкоштовну версію програми для студентів.

Спочатку побудуємо 3Д модель елемента безпеки та об'єкт, по формі та параметрам наближений до автомобіля (Рис. 2.12). Дана модель побудована з урахуванням кута зіткнення 30°. Тобто кут між траєкторією руху автомобіля та горизонтальною віссю елемента безпеки становить 30°.

Наступний етап – обрання типу симуляції, що задовільняє умови поставленої задачі. Дане програмне забезпечення надає широкий спектр типів симуляцій методу кінцевих елементів.

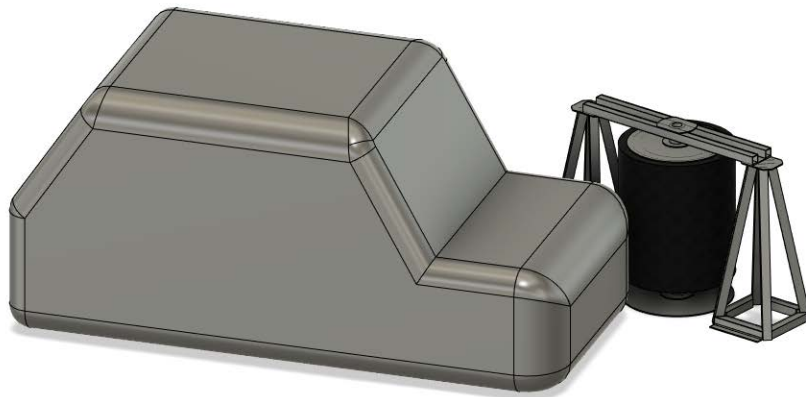


Рисунок 2.12 – Тривимірна модель автомобіля й елемента пасивної безпеки

Тип симуляції, що може вирішити дану задачу названо «Event simulation», що в перекладі означає симуляція випадку. Ця симуляція застосовується для дослідження поведінки об’єктів при зіткненні.

Після обрання симуляції виконаємо спрощення моделі для швидшого отримання результатів. Але варто зауважити, що результати будуть не такими точними.

Спростивши модель, введемо дані параметри, такі як швидкість автомобіля, та зафіксуємо опорні поверхні конструкції (Рис. 2.13).





Рисунок 2.13 – Візуалізація ввідних даних

Далі надамо матеріалам потрібних фізико-механічних властивостей, а саме нелінійних еласто-пластичних властивостей. Тіло, що імітує автомобіль визначимо як основне, яке не деформується, це також спростить модель.

Утворимо контакти між деталями, це виконується автоматично і запустимо симуляцію. Симуляція проводиться в хмарному середовищі, тобто не на комп'ютері, а на сервері компанії-розробника програмного забезпечення.

У результаті отримаємо візуалізацію деформувань деталей конструкції, що дозволить побачити найвразливіші ділянки (Рис. 2.14).

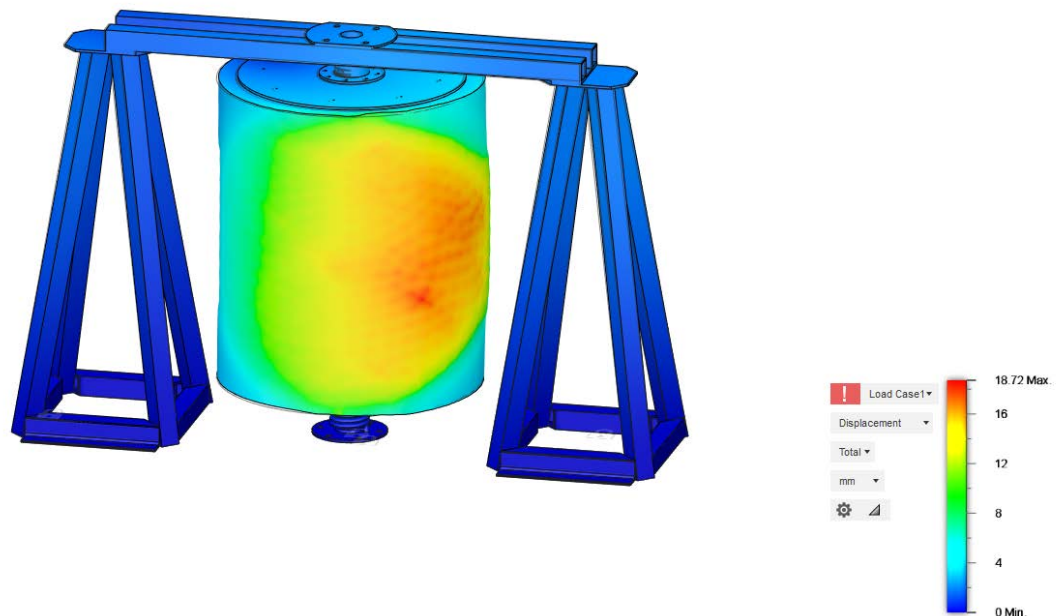


Рисунок 2.14 – Результати деформування конструкції

Як бачимо найбільшого деформування зазнає саме гумова частина циліндричного елемента.

Дана симуляція також дає отримати інформацію про напруження в конструкції (Рис. 2.15). А саме деталі, в яких присутні найбільші напруження.

Як бачимо, найбільше напруження мають саме опорні втулки, оскільки удар автомобіля приходить приблизно на середину конструкції, що створює найбільший згинальний момент саме на опорах.

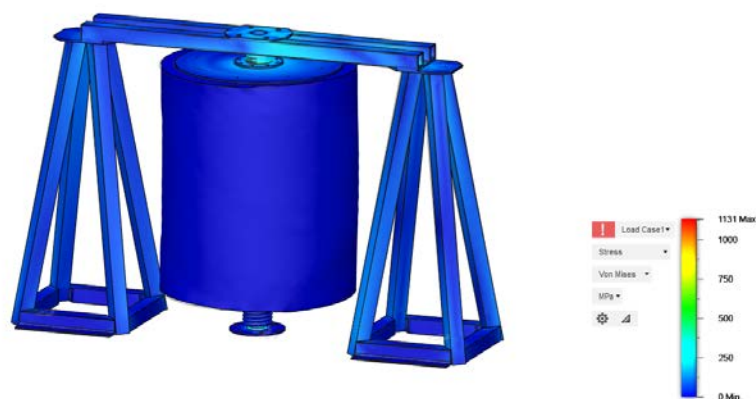


Рисунок 2.15 – Візуалізація напружень

За результатами проведеного моделювання зіткнення можна зробити висновок, що конструкція витримує удар при заданій швидкості автомобіля 80 км/год. Хоча і було проведено спрощення моделі, все ж розрахунки проводились більше двох діб.

## **2.10. Конструкція автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки**

Загальна конструкція автомагістрального вітрогенератора з елементом безпеки представлена на рис. 2.16. Даний виріб має модульну структуру для швидкого та легкого монтажу.

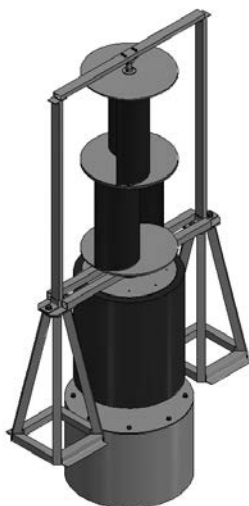


Рисунок 2.16 – 3D-модель автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки

Верхня секція лопатей повернута відносно нижньої на кут  $30^\circ$  для імітації спіральної форми, оскільки виготовлення лопатей спіральної форми має певні технологічні складності у виготовленні, а тому і у вартості. Також секційна конструкція лопатей додає жорсткості при згині.

Монтування системи відбувається у декілька стадій (рис. 2.17). Стадія 1 – це монтування підземної частини під дорожнє покриття. Стадія 2 включає монтування нижніх бокових опор. Стадія 3 – це монтування елемента пасивної

безпеки, нижньої частини осі ротора та регулювання натягу підшипників. Стадія 4 – це монтування нижньої горизонтальної опори, що підтримує вісь конструкції. Стадія 5 включає монтування ротора вітрогенеруючої установки. Стадія 6 – завершальна, включає монтування верхніх вертикальних опор та верхньої горизонтальної опори.

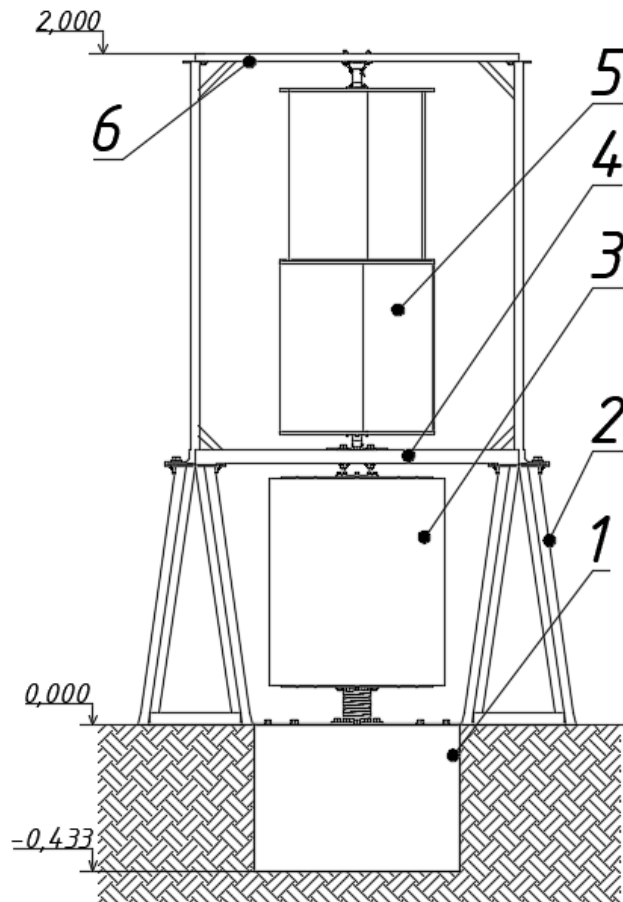


Рисунок 2.17 – Схема монтування конструкції

Також можна використовувати додаткові ребра жорсткості для запобігання зміщенню конструкції, що тримає вісь ротора.

Як бачимо, завдяки модульній конструкції, монтування виконується лише в декілька етапів. Самі модулі системи виготовляються та складаються у виробничому цеху.

Загальна конструкція у зборі складається з генераторної ємності 6, в якій розміщений електричний генератор (Рис. 2.18). Ємність являє собою полу

посудину круглого перерізу з кріпленнями для генератора 10. До валу генератора прикріплений ведений шків 12. Крутний момент до веденого шківа передається за допомогою шести пасків 52 від ведучого шківа 11. Шків закріплений на валах за допомогою тапербушів 33.

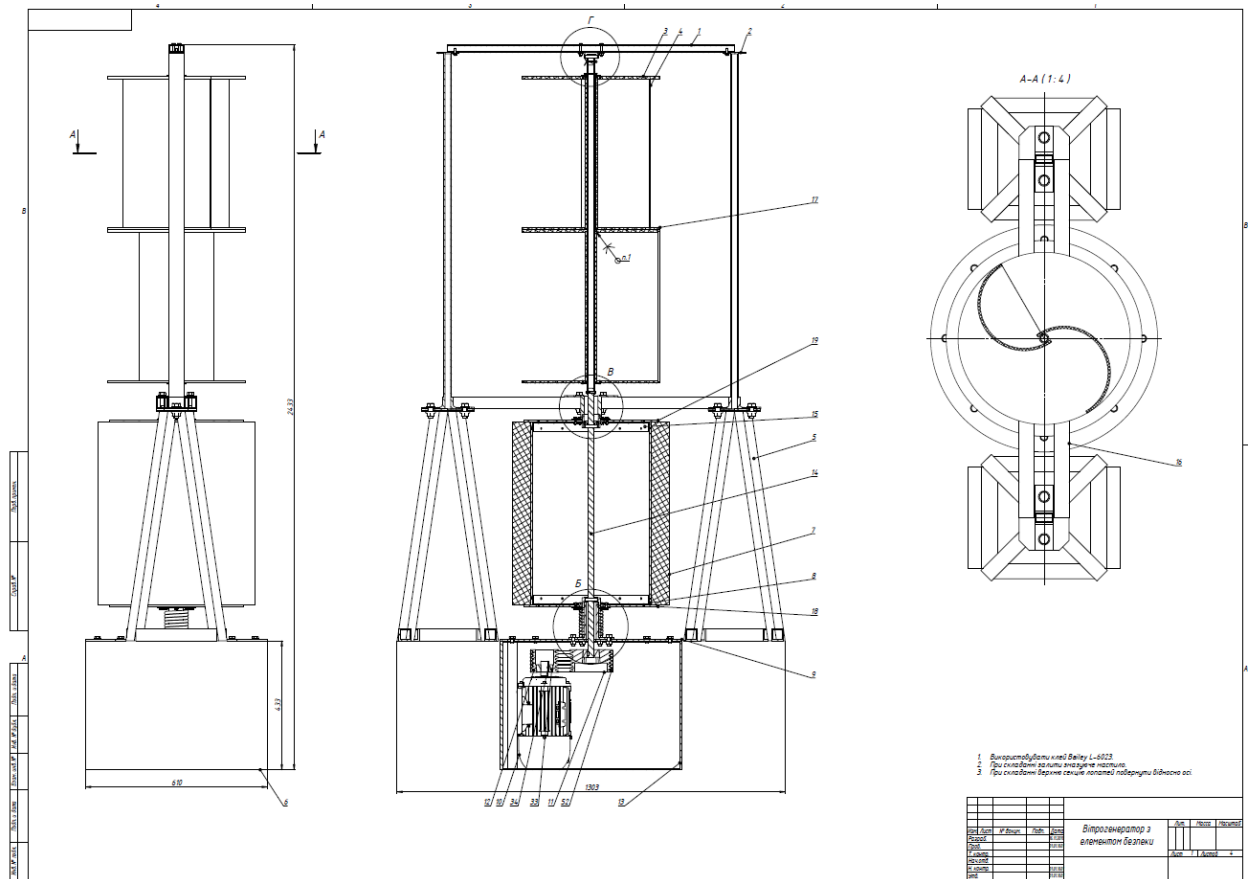


Рисунок 2.18 - Конструкція автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки.

Генераторна ємність накрита люком 9 та закріплена болтами та гайками-заклепками. Увесь цей модуль являє собою підземне частину конструкції.

На люк спирається опорна втулка 22 (Рис. 2.19). На опорну втулку з зазором посаджена упорна втулка 20 з радіально-упорним підшипником. Пружина 21 також посаджена на опорну втулку, таким чином, що її вісь співпадає із загальною віссю установки. Кінці пружини зігнуті вздовж осі та посажені в отвори у втулках.

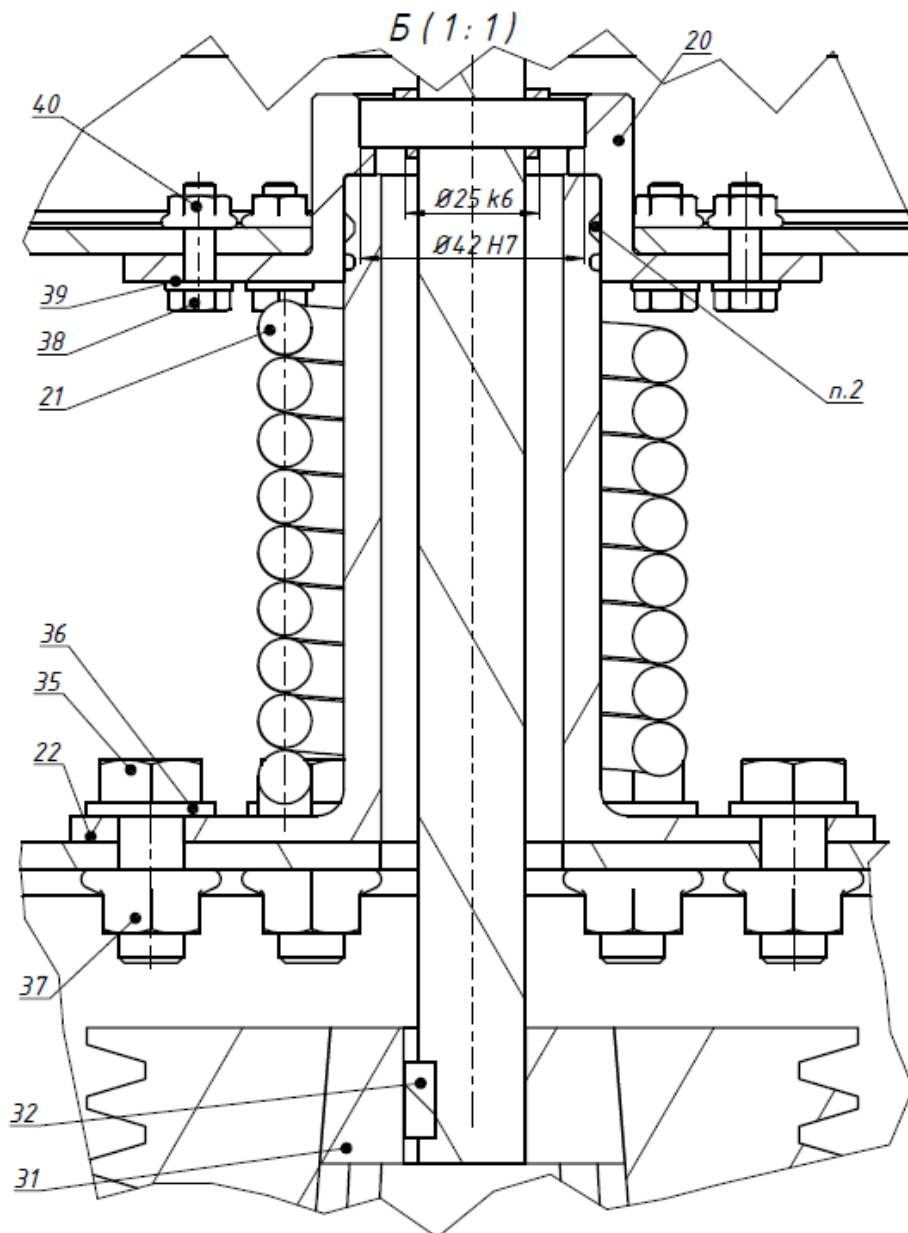


Рисунок 2.19 - Деталь Б конструкції

Опорна втулка кріпиться до люка за допомогою болтів та має виточку для змазуючого мастила.

До упорної втулки кріпиться дно 9 циліндричного елемента безпеки. На дно спирається сталеві труба 8 великого діаметру, з обох боків якої прикріплені кільця 15, які в свою чергу стягують дно, трубу та кришку 19. До труби кріпиться гумовий пружний елемент 7.

До кришки прикріплена упорна різьбова втулка 25 (Рис. 2.20), яка також має виточки для змащувального мастила. Всередину цієї втулки вкручена

підшипникова втулка, на яку посаджений підшипник. Підшипникова втулка фіксується в одному положенні стопорною втулкою 26.

Вісь цих елементів підтримується горизонтальною опорою 16 та верхньою опорною втулкою 23. Горизонтальна опора в свою чергу спирається на праву та ліву вертикальні опори 5.

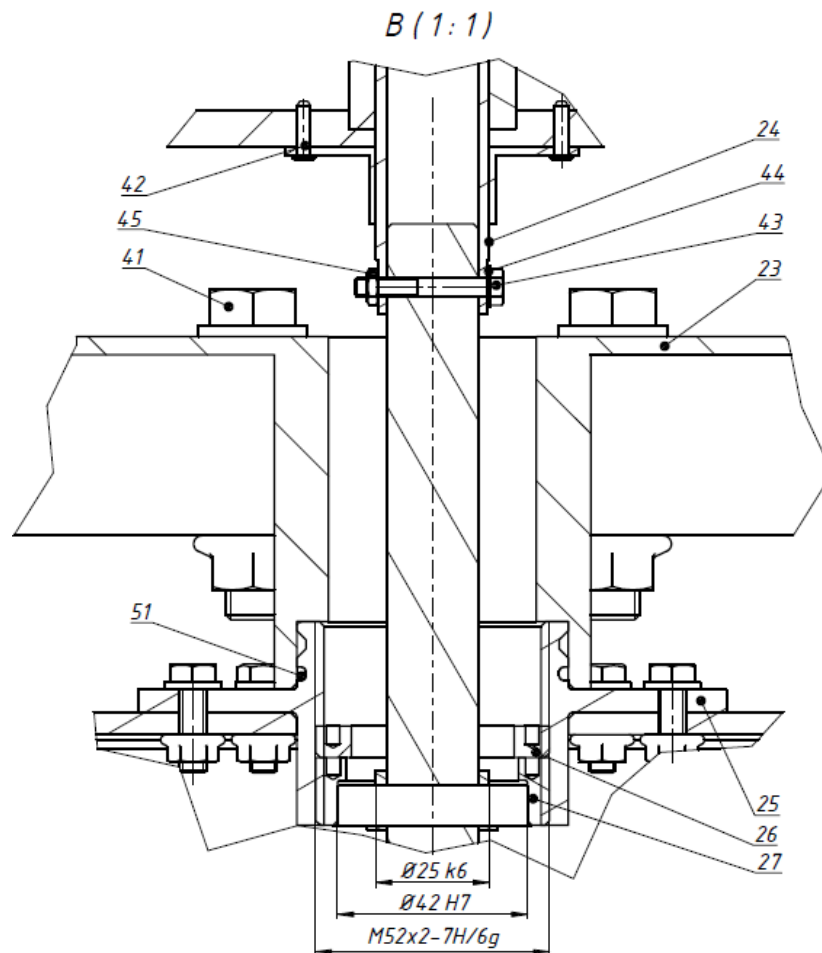


Рисунок 2.20 - Деталь В конструкції

Через вісь втулок і підшипників проходить ведучий вал 14, з одного боку якого закріплений ведучий шків, а до іншого кріпиться вал ротора 24.

До валу ротора кріпляться модулі лопатей, які в свою чергу складаються з лопатей 4 та торцевих плит, склеєних між собою. Лопаті та торцеві плити виготовлені з одного матеріалу – полівінілхлориду (ПВХ). Модулі утримуються в одному положенні на валу фіксаторною втулкою 30.

Вісь ротора кріпиться з іншого боку до торцевого валу 29 за допомогою шплінту 49 (Рис. 2.21). На торцевий вал посаджений підшипник кочення 50, і розміщений у підшипниковій втулці 28.

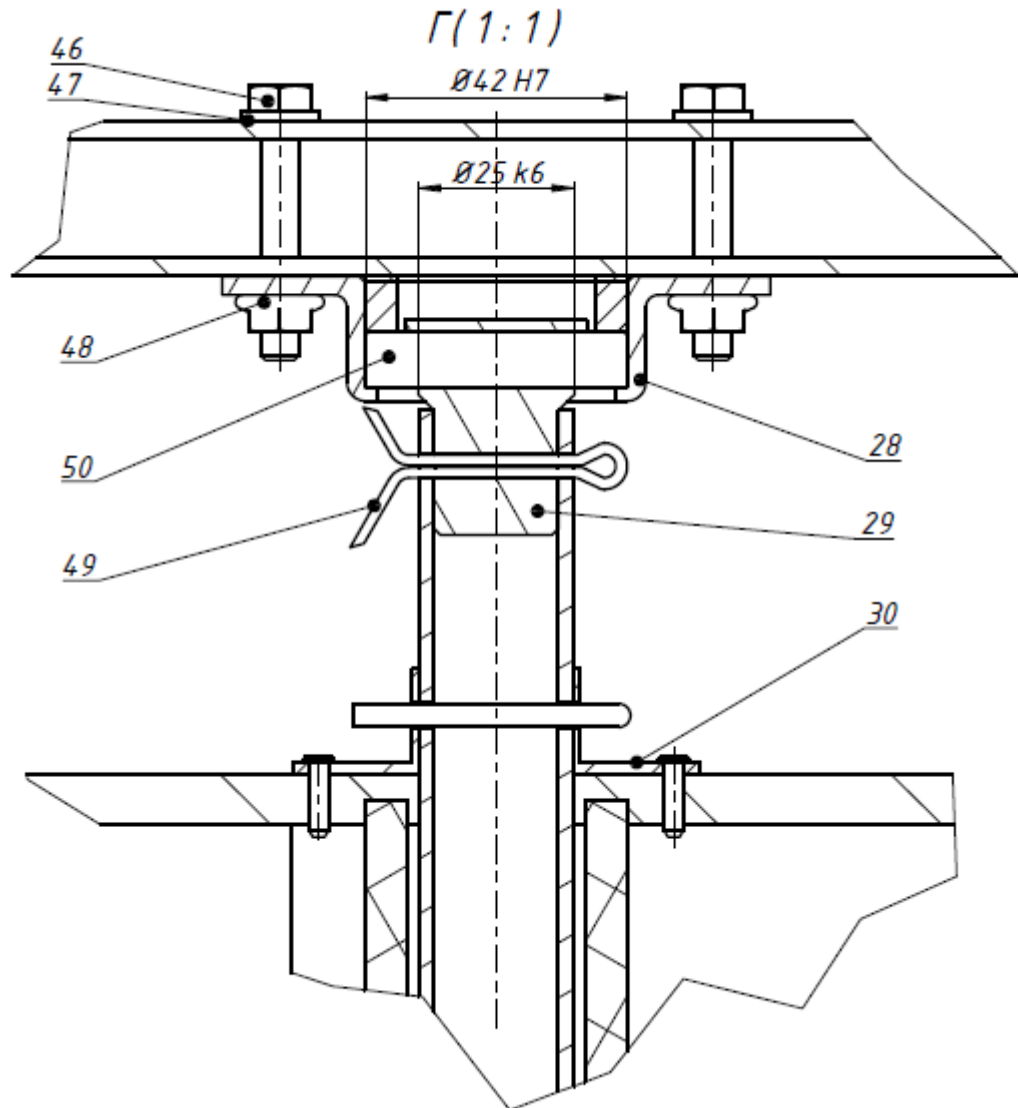


Рисунок 2.21 - Деталь Г конструкції.

Уся вісь вітрогенеруючої установки підтримується верхніми вертикальними опорами 2 та верхньою горизонтальною опорою 1.

Усі підшипники посаджені з натягом на вал, оскільки обертання здійснюється саме внутрішнім кільцем підшипника.



Опори конструкції виконані у вигляді зварних конструкцій з листової сталі та електрозварних сталевих профільних труб.

### **2.11. Висновки по розділу**

У даному розділі були проведені розрахунки на міцність елемента пасивної безпеки з застосуванням як математичних рівнянь так і комп'ютерного моделювання.

За математичними розрахунками основних елементів, була розроблена конструкція елемента пасивної безпеки з урахуванням також технологічних та експлуатаційних вимог, таких як легкість монтажу системи, просте забезпечення технічного обслуговування системи.

Перед розробкою конструкції було виконано також ескізний проект для початкового формування бачення конструкції та дизайну в цілому.

Перевірка на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання показала, що розроблена конструкція задовільняє поставлену задачу: витримувати удар автомобіля при швидкості 80 км/год.

### **РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАГІСТРАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА З ЕЛЕМЕНТАМИ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ**

#### **3.1. Технологічне та інструментальне забезпечення виготовлення елемента пасивної безпеки**

##### **3.1.1. Технологія виготовлення бокових опор**

Бокові опори представлені у вигляді пірамідального каркасу, що має плоску опорну поверхню на вершині (Рис. 3.1). Нижня частина являє собою квадратну раму з профільних труб квадратного перерізу, з'єднаних зварюванням. Для опорних ребр оберемо таку ж трубу з економічних міркувань.

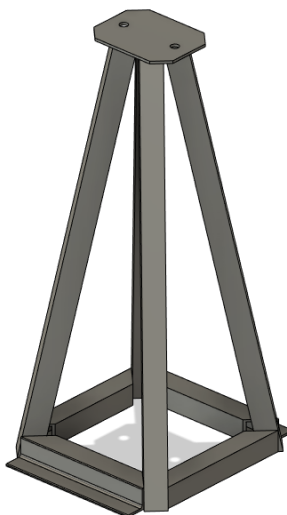


Рисунок 3.1 – Бокова опора.

Для нарізання труб використаємо верстат відрізний з дисковою фрезою. Оскільки торці труб підрізаються під певним кутом, можна заздалегідь виготовити шаблон для налаштування верстату.

Усі елементи, які представлені у вигляді сталевих пластин виготовляємо з прокату. Для отримання контуру можна використати лазерні верстати плазмового типу. Але для мілкосерійного виробництва доцільніше

виготовляти дані елементи методом пластичного деформування, тобто з використанням штампу та гідравлічних пресів.

Елементи типу кутник, що приварені до нижньої рами опори також ріжуться в розмір дисковою фрезою.

Для зварювання деталей при одиничному виробництві доцільніше використовувати ручні пристрої. Але оскільки даний продукт розрахований на масове використання, варто використовувати зварювальні пристрої з числовим програмним керуванням (ЧПК).

### **3.1.2. Технологія виготовлення деталей типу втулка**

Конструкція елемента безпеки включає також деталі типу втулка, які є тілами обертання. А отже для виготовлення деталей даного типу доцільно використовувати токарний верстат. До таких деталей відносяться: опорна втулка, упорна втулка, підшипникова втулка, різьбова упорна втулка, стопорна втулка, верхня опорна втулка, а також втулки, що відносяться до конструкції вітрогенеруючої частини: верхня підшипникова втулка, фіксаторна втулка.

Опорна втулка представлена у вигляді ступінчатого циліндру з широкою опорною поверхнею з одного боку та віточками під мастило та гумове кільце з іншого (Рис. 3.2).

Отже для виготовлення даної втулки доцільно застосовувати токарний верстат. Але через те, що опорна поверхня має значно більший діаметр ніж циліндр, після токарної операції матимемо значну масу зрізаного матеріалу, тобто відходу. Тому розглянемо ще один технологічний процес для виготовлення даної деталі.

Дану деталь можна виготовити скомбінувавши технологію зварювання і токарну. Циліндричну частину виготовити за допомогою операцій точіння, а пласку частину методом пластичної деформації (штампування), лазерною

обробкою або гідроабразивною обробкою. Але дана комбінація технологічних процесів може призвести до недоліків, таких як невисока точність та якість деяких поверхонь.

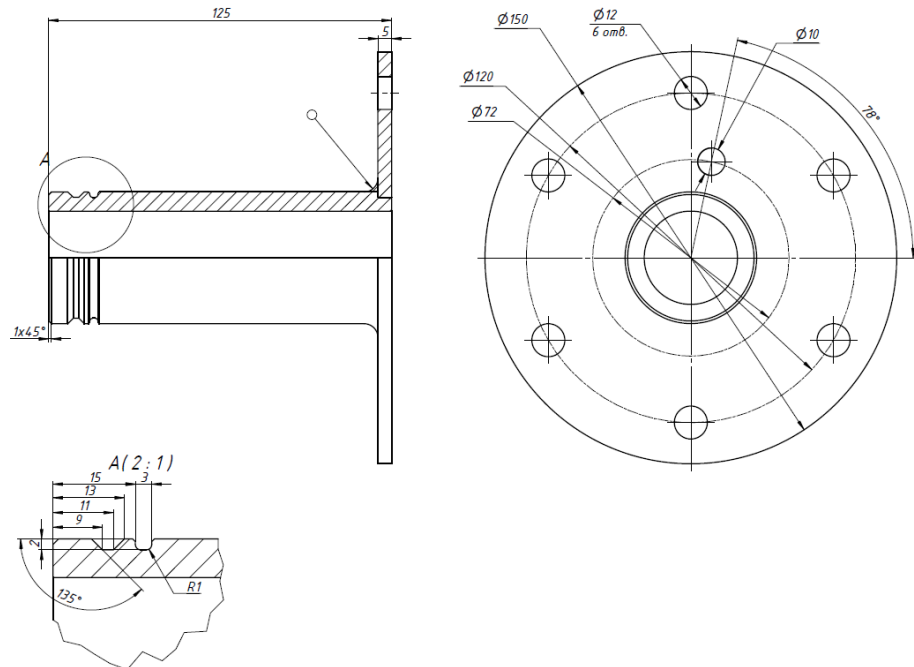


Рисунок 3.2 – Опорна втулка

Дану деталь можна виготовити скомбінувавши технологію зварювання і токарну. Циліндричну частину виготовити за допомогою операцій точіння, а плоску частину методом пластичної деформації (штампування), лазерною обробкою або гідроабразивною обробкою. Але дана комбінація технологічних процесів може призвести до недоліків, таких як невисока точність та якість деяких поверхонь.

Розглянемо третій варіант виготовлення даної деталі: адитивне виробництво. За допомогою даної технології можна уникнути зайвих затрат матеріалу, значних відходів. Але недоліками даного процесу є необхідність постпроцесів для поверхонь, що потребують особливої точності. А також невисока швидкість процесу.

Розглянувши ці процеси приходимо до висновку, що найдоцільнішим є комбінований процес зварювання з точінням, оскільки деталь не потребує особливо високої точності в місці зварювання.

Отже технологічний процес для виготовлення даної деталі матиме такий вигляд (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Технологія виготовлення опорної втулки

005	Токарна	Підрізати торець (циліндр)
010	Токарна	Оброблення зовнішньої поверхні
015	Свердлильна	Свердлити отвір
020	Свердлильна	Розсвердлити отвір
025	Токарна	Відрізати заготовку
030	Штапування	Виготовлення плоскої частини
035	Зварювання	Зварювання заготовок
040	Слюсарна	Зачищення зварного шву

Даний технологічний процес більше підходить для серійного виробництва, оскільки застосована технологія пластичного деформування, яка потребує проектування штапу під певну заготовку. Для токарних операцій доцільно використовувати верстат з ЧПК.

Для виготовлення упорної втулки (Рис. 3.3.) застосуємо лише технологію виготовлення лише за допомогою токарного верстату, а саме верстату з ЧПК.

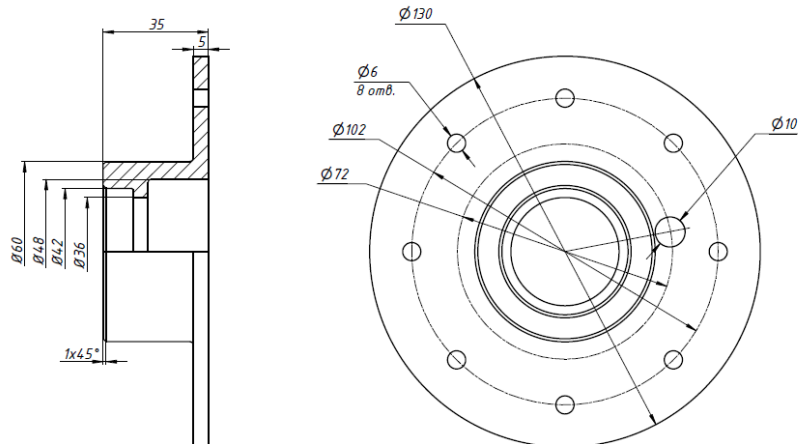


Рисунок 3.3 – Упорна втулка

Упорна втулка має поверхні, які потребують особливої точності, а саме поверхня для посадки підшипників, поверхня для посадки опорної втулки. Також на дану втулку спирається дно циліндричного елемента., тому має кріпильні отвори. Тому технологія виготовлення даної деталі матиме вигляд (табл. 3.1).

Таблиця 3.2 – Технологія виготовлення упорної втулки

005	Токарна	Підрізати торець
010	Токарна	Точити зовнішню поверхню
015	Свердлильна	Свердлити отвір
020	Свердлильна	Розсвердлювання отвору
025	Токарна	Точити внутрішню поверхню
030	Свердлильна	Свердлити кріпильні отвори
035	Токарна	Відрізати деталь

Різьбова упорна втулка має такі ж геометричні параметри, як і упорна втулка але все ж має одну відмінність – внутрішню різь. Тому технологія виготовлення даної деталі буде такою ж як і упорної з додаванням токарної операції – нарізання різі.

Для виготовлення підшипникової втулки із зовнішньою різью (Рис.3.4. а) також використаємо верстат з ЧПК або автомат, в якості матеріалу беремо калібрований пруток, технологія виготовлення матиме такий вигляд (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Технологія виготовлення підшипникової втулки із зовнішньою різью

005	Токарна	Точити торець
010	Свердлильна	Свердлити центральний отвір
015	Токарна	Точити внутрішню поверхню, зняти фаску
020	Токарна	Точити зовнішню поверхню по циліндру
025	Токарна	Нарізання різі
030	Свердлильна	Свердлити отвори під ключ
035	Токарна	Відрізати деталь

Дану технологію можна застосувати також для виготовлення стопорної втулки (Рис. 3.4. б).

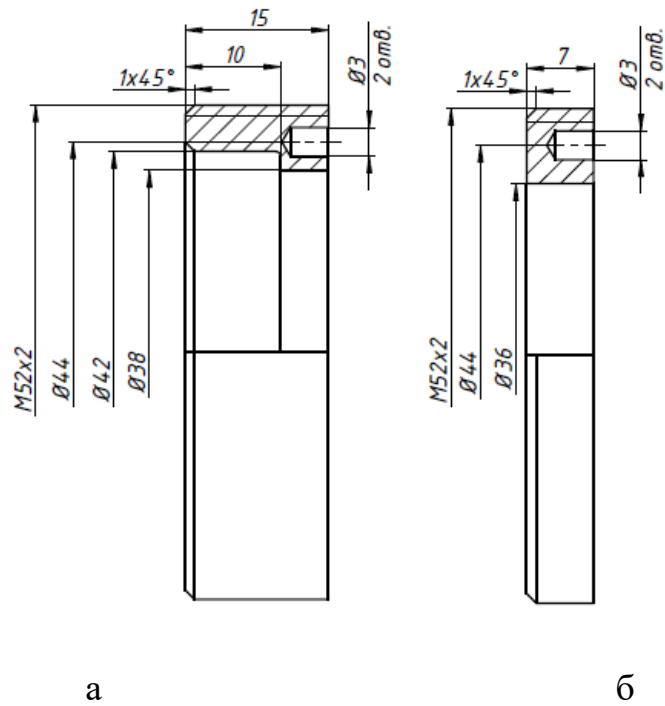


Рисунок 3.4 – а – підшипникова втулка із зовнішньою різзю; б – стопорна втулка

Верхню опорну втулку виготовляємо за допомогою токарного верстату з ЧПК та зварювальної операції, оскільки дана деталь також має широку опорну поверхню (Рис 3.5.), в якості матеріалу беремо калібрований пруток.

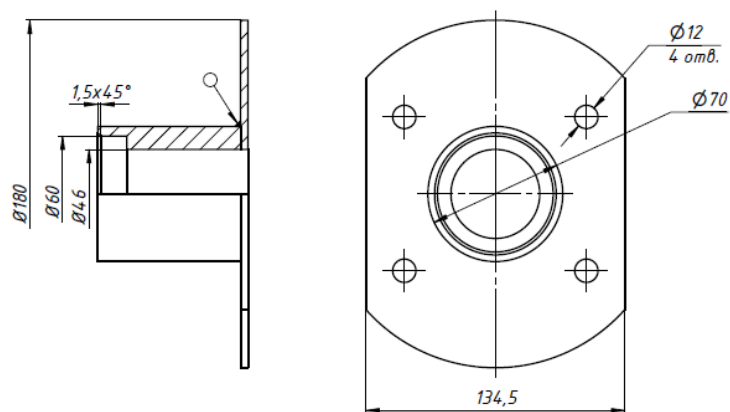


Рисунок 3.5 – Верхня опорна втулка



Опорну пластину виготовлятимемо із застосуванням технології пластичного деформування. Тоді технологія виготовлення для деталі в цілому матиме такий вигляд (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Технологія виготовлення верхньої опорної втулки

005	Токарна	Точити торець (циліндр)
010	Свердлильна	Свердлити отвір
020	Свердлильна	Розсвердлити отвір
025	Токарна	Точити внутрішню поверхню, зняти фаску
030	Токарна	Відрізати заготовку
035	Штампуння	Виготовлення плоскої частини
040	Зварювання	Зварювання заготовок
045	Слюсарна	Зачищення зварного шву

### 3.1.3. Технологія виготовлення частин циліндричної частини

Для виготовлення дна і кришки циліндричного елемента можна застосувати такі технології: технологію пластичного деформування, лазерну обробку, гідроабразивну обробку.

Для пластичного деформування потрібно проектувати штампи, але деталь має великий габаритний розмір, що призводить до підвищення ціни на дані штампи.

Гідроабразивна обробка також не є доцільною, оскільки ціна устаткування доволі велика і сам верстат повинен обслуговуватись лише працівником з високою кваліфікацією.

Тому застосуємо технологію лазерної обробки, вона хоч і потребує обслуговування кваліфікованим працівником, але устаткування все ж відносно недороге.

Саму металеву основу циліндру виготовлятимемо з труби великого діаметру, відрізатимемо заготовку стрічковою пилою.

Кільця з кутовим перерізом виготовлятимемо з листового металу, нарізаного на лазерному верстаті та полоси сталеві 32х4 ДСТУ 4747: 2007. Спочатку нарізаємо дисковою пилою з розміром довжини кола, потім зачищаємо задири. Далі застосовуємо технологію пластичного деформування, а саме гнуття по колу і зварюємо в кільце.

Отвори у трубі й кільцях під заклепки свердлимо при складанні циліндричного елемента.

Для склеювання гумової частини з металевою трубою застосовуємо фенолополівінілацетальний клей БФ-2 ГОСТ 12172-74.

#### **3.1.4. Технологія виготовлення генераторного блоку**

Генераторний блок складається з таких частин: генераторна ємність, люк, сам генератор зі шківками та кріпильними елементами.

Генераторна ємність являє собою циліндричну полу посудину з елементами кріплення генератора і люку (Рис. 3.6). Кріплення для генератора представлені у вигляді кутників номер 32 ГОСТ 8509-93 з отворами під болти.

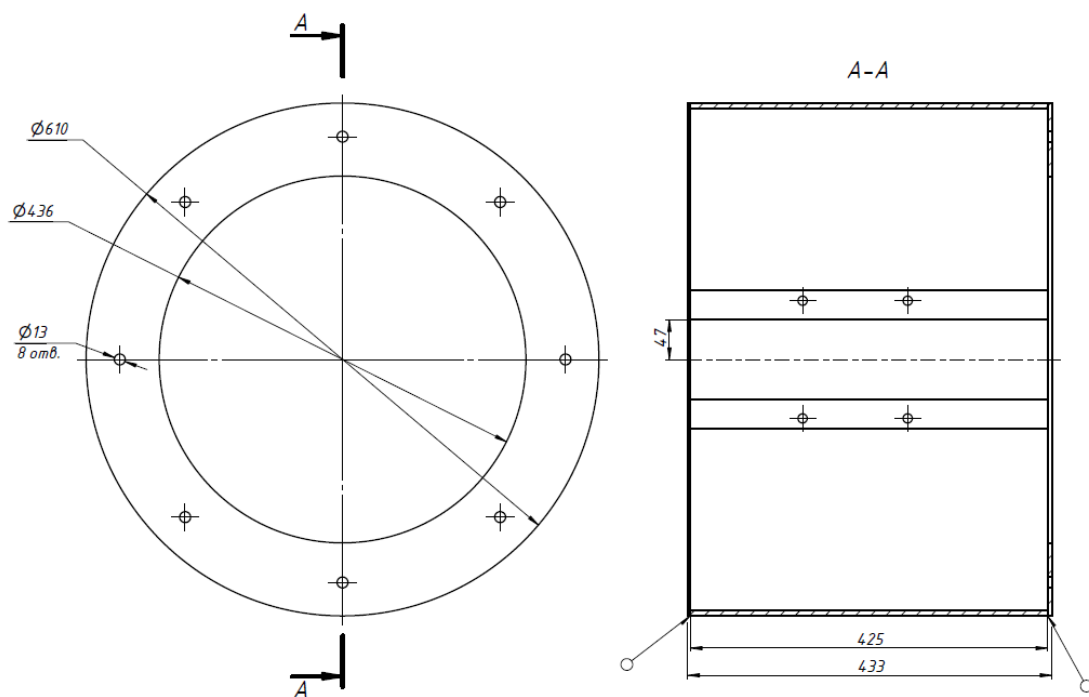


Рисунок 3.6 – Генераторна ємність

У якості циліндру оберемо трубу великого перерізу і приваримо дно та верхнє кріпильне кільце, які вирізані з листової сталі за допомогою лазерної обробки. Таким чином технологія виготовлення даної деталі матиме такий вигляд (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Технологія виготовлення генераторної ємності

005	Заготівельна операція	Відрізати заготовку (циліндр)
010	Лазерна обробка	Вирізати дно і кільце з листового металу
015	Заготівельна	Вирізати кутники в розмір
015	Зварювальна	Зварити частини разом
020	Слюсарна	Зачистити зварні шви

Люк для ємності (Рис.3.7) виготовляємо з листового металу плазмовою обробкою.

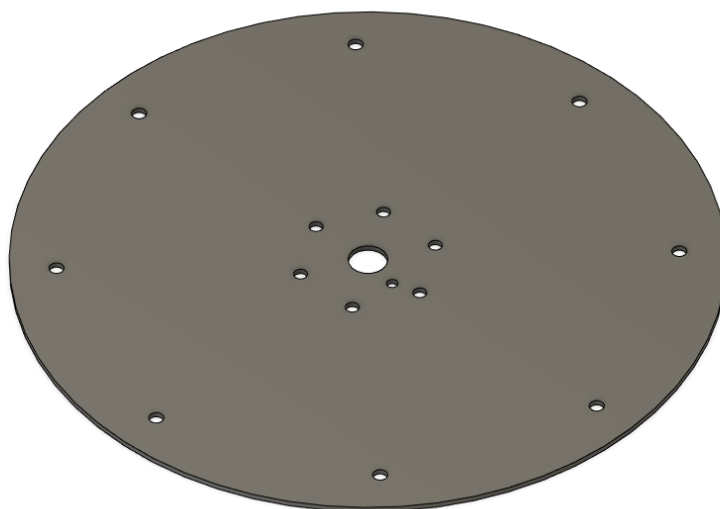


Рисунок 3.7 – Люк генераторного блоку

Дану деталь та плоскі великогабаритні деталі, такі як дно та кришку вирізаємо за допомогою лазерної обробки.

### 3.2 Виготовлення елементів конструкції за допомогою адитивних технологій

Під час розробки технології виготовлення конструкції автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки виявлено, що деякі деталі можливо роздрукувати на 3D-принтері. Обраний матеріал – PLA. Певні характеристики матеріалу наведені в табл.3.6 [33]. Підготовлені 3D-моделі були збережені в форматі STL.

Таблиця 3.6 – Характеристики PLA

Густина	1,25 г/см <sup>3</sup>
Границя міцності на розрив	28 МПа
Температура розм'якшення	60 °C
Температура плавлення	180 °C
Температура екструзії	200°C

Обраний принтер для 3D-друку Original Prusa i3 MK3 [34]. Основні характеристики принтера наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики Original Prusa i3 MK3 [34]

Технологія друку	FDM
Область друку	210×210×250 мм
Товщина шару	0,05 – 0,35 мм
Максимальна швидкість друку	200 мм
Діаметр пластика	1,75 мм
Кількість екструдерів	1 шт.
Робоча температура екструдера	190-260 ° C
Країна виробник	Чехія

Для подальшої роботи потрібно наші 3D-моделі опрацювати в обраній програмі Repetier-Host [35]. Обраний слайсер Slic3r [36]. Порядок налаштування слайсера взято із [37]:

Ми будемо використовувати Slic3r - на сьогоднішній день він є одним з найпотужніших модулів для формування G-коду, необхідного для виведення 3D- моделі на друк 3D-принтером. Приклад роботи Repetier-Host зображений на рис. 3.8.

Перше налаштування Slic3r може бути тривалим через необхідність перевірити і встановити всі параметри модуля. Будь-які подальші зміни налаштувань для друку різних ваших моделей зводяться до корегування 4-5 основних параметрів протягом двох-трьох хвилин.

Деталі, що потрібно друкувати на 3D-принтері, в форматі STL зображені на рис. 3.9. На рис. 3.8. зображені: 1- верхня опорна втулка, 2 – верхня осьова втулка, 3 – внутрішня втулка (таких втулок потрібно 2), 4 – втулка опорна, 5 – верхня втулка, 6 – втулка під підшипник, 7 – контргайка, 8 – нижня втулка для елемента пасивної безпеки, 9 - верхня втулка для елемента пасивної безпеки

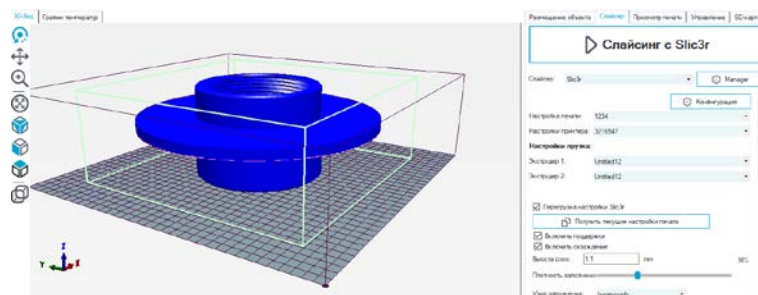


Рисунок 3.8 – Repetier-Host

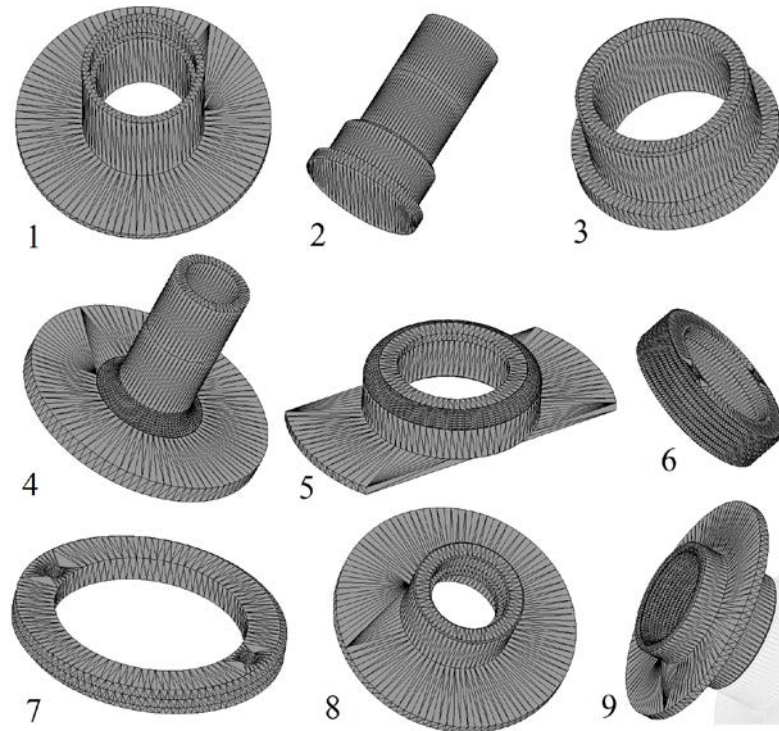


Рисунок 3.9 – Деталі для друку в форматі STL

Розраховано час друку, вага пластику та довжина нитки, яка потрібно для друкування усіх необхідних деталей. Дані наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.8 – Дані про матеріал для 3D-друку

Назва	Відсоток заповненості, %	Розміри, мм	Час друку, год, хв	Довжина нитка, м	Вага пластику, г
Втулка опорна	50	150×150×105	16 год 14 хв	76,5	228
Внутрішня втулку, 2 шт	100	30×30×14	23 хв	1,3	4
Втулка верхня	100	112×60×20	3 год, 37 хв	15,6	46
Контргайка	100	54×54×5	38 хв	2,3	7
Нижня втулка	100	130×130×35	7 год, 15 хв	33,1	99
Втулка для підшипників	100	54×54×15	1 год 26 хв.	5,4	16
Верхня втулка	100	120×120×45	10 год 10 хв	47,3	141
Верхня опорна	50	150×150×74	12 год 6 хв	54,4	162
Верхня осьова	60	30×30×46	1 год 13 хв	5,4	16
Всього			69 год		723

Отже, пораховано скільки пластику PLA потрібно для друку та скільки часу займе процес виготовлення цих деталей.

### 3.3 Огляд надрукованих деталей на 3d-принтері

Для друку на 3d-принтері обрано деталі із різьбовим з'єднанням. Із рис.3.8 це деталі під номером 6, 7 та 9. Надруковані деталі зображені на рис.3.9.

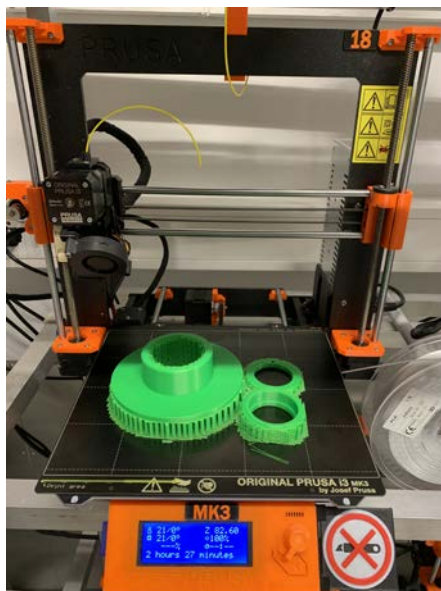


Рисунок 3.9 – Надруковані деталі на 3d-принтері

Для того, щоб надати деталям потрібний вигляд – необхідно видалити всі підтримки та зайвий матеріал. Процес зображений на рис. 3.10.



Рисунок 3.10 – Видалення підтримок

Готові деталі з видаленими підтримками зображені на рис.3.11.



Рисунок 3.11 – Остаточний вигляд деталей надрукваних на 3d-принтері

Під час проектування моделей не було враховано те, що вони будуть друкуватись на 3d-принтері, саме через це складання цих деталей неможливе, через те що присутня похибка у виготовлення різьбового з'єднання.

Для виготовлення деталей була використана лабораторія 3D-друку на базі норвезького технічного університету NTNU в місті Йовіку.

### **3.4 Виготовлення макету CarWind**

Під час розробки технології виготовлення макету автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки вирішено обрати матеріали та способи виготовлення, які значно дешевші, ніж під час виготовлення робочого зразку для здешевлення конструкції.



Були виготовлені верхня та нижня плита для елемента пасивної безпеки, що зображені на рис. 3.12. Під час виготовлення були профрезеровані пази в деталі, для зменшення ваги виробу. Матеріал виробу: фанера ФК18.



Рисунок 3.12 – Верхня та нижня плита для елемента пасивної безпеки

Під час наступного кроку виготовлення макету вітрогенератора із елементом пасивної безпеки – виготовлено бічні стійки із дерев'яного бруса 40x40 мм, що зображені на рис. 3.13. Бічні стійки були прошліфовані стрічковою шліфмашиною Bosch PBS 75 AE. Процес зображений на рис. 3.3.



Рисунок 3.13 – Бічні стійки та процес шліфування

Наступним етапом було виготовлення верхньої рами елемента пасивної безпеки та з'єднання рами із бічними стійками, що зображено на рис.3.14. З'єднання здійснювалось за допомогою металевих кутників та саморізів.



Рисунок 3.14 – Верхня рама елемента безпеки та бічні стійки вітрогенератора

Наступним етапом вирішено з'єднати лопаті із валом вітрогенератора. Труба сталевая електрозварна  $\varnothing 25$  мм. Виріб зображений на рис.3.15.



Рисунок 3.15 – Вал вітрогенератора та лопаті

Наступним кроком буде виготовлення макета елемента пасивної безпеки. Етапи виготовлення зображені на рис.3.15. Кінцевий варіант зображений на рис.3.16 справа. Під час виготовлення каркасу із сталевого листа товщиною 0,8 мм використовували кутники та заклепки. В якості гумового демфуючого елемента використовували 3 покритишки типу



Рисунок 3.16 – Виготовлення елемента пасивної безпеки

Кінцевий вигляд макету автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки зображений на рис.3.17.



Рисунок 3.17 – Виготовлення елемента пасивної безпеки

### **3.4 Висновки по розділу**

У даному розділі було розроблено технологію виготовлення елемента пасивної безпеки. За розробленою технологією можна зробити висновок, що для реалізації виробництва потрібно мати верстати різних типів, наприклад токарні з ЧПК, верстати плазмової обробки листового металу, преси. Також потрібно виконати проектування штампів під деякі деталі. Але можна виключити вирубку деталей, замінивши її технологією плазмової обробки, але це збільшить час виробництва.

Також було розроблено технологію виготовлення деяких деталей за допомогою адитивних технологій та реалізовано на кількох деталях за допомогою FDM принтеру.

Також було сконструйовано перший макет автомагістрального вітрогенератора з елементом пасивної безпеки. Макет виконаний з дешевих матеріалів і не має на меті виконувати всі функції, а лише відобразити фізичну візуалізацію задуму дизайну та конструкції.

## **РОЗДІЛ 4. СТАРТАП-ПРОЕКТ CarWind**

На сьогоднішній день стартап-проекти досить популярні як в Україні, так і в усьому цивілізованому світі. Ключовими перевагами стартап-проекту є мобільність, гнучкість та присутність конкуренції. Саме через ці моменти стартап-проекти можливо і потрібно створювати, аналізувати та реалізувати в Україні. В свою чергу стартап-проект має суттєвий недолік, а саме - підвищена міра ризиків. [15]

Центральним завданням стартап- проекту є маркетинговий аналіз перспектив реалізації науково-технічного рішення та пропозиції, оцінювання можливостей його ринкового впровадження.[15]

“Одним із основних засобів подолання кризових явищ в країні може стати впровадження у його діяльність інновацій. Відомо, що саме інновації забезпечують динамічно стійкий ріст економічних показників, застосування передових технологій, освоєння і випуск нової конкурентоспроможної продукції, вихід на світові ринки товарів та послуг”[38]

“Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів” [15]

### **4.1 Опис ідеї проекту**

Потрібно проаналізувати проект WindCar, як стартап-проект задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. За основу проекту взято вертикальний вітрогенератор із пасивним елементом безпеки для використання на автомагістралях. Даний концепт відрізняється від своїх



конкурентів наявність елемента пасивної безпеки та низькою ціною у виробництві. Цей продукт дасть змогу генерувати електроенергію завдяки потокам повітря, що надходять від автомобіля під час руху та підтримувати безпеку під час руху на автомагістралях. Даний вітрогенератор зацікавить користувача своєю низькою ціною в порівнянні їх конкурентами та змогою автономно користуватись електроенергією. Опис ідеї стартап-проекту наведений в табл. 4.1. Напрямки застосування обрано із мозкового штурму.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<b>Зміст ідеї</b>	<b>Напрямки застосування</b>	<b>Вигоди для користувача</b>
Основою ідеєю є проектування і розроблення вітрогенератора, який буде використовуватись на автомагістралях,	Використовувати для генерування електроенергії та в подальшому автономно використовувати. Використовувати: для живлення автозаправних станцій, використовувати для підігріву дорожнього покриття в зимовий час, використовувати для освітлення автошляхів, використовувати для живлення світлофорів, використовувати для встановлення реклами на вітрогенератор, використовувати як резервне джерело енергії	Автономне та екологічне джерело енергії, зникає проблема в транспортуванні електроенергії, виникає додаткове місце для встановлення реклами, дозволяє зекономити кошти, відносна дешевизна
Елемент пасивної безпеки, який використовувати разом із вітрогенератором	Використовувати: для зменшення сили удару та змінення напрямку удару автомобіля, для сповіщення про ДТП на автомагістралях, використовувати для встановлення реклами на елемент безпеки	Підвищує безпеку руху на автомагістралях, виникає додаткове місце для встановлення реклами, відносна дешевизна, дозволяє використовувати покришки

Для аналізу стартап-проекту потрібно проаналізувати продукти та рішення конкурентів. Поділимо якості кожного із рішень на три групи: слабкі (W), нейтральні (N) та сильні (S). Серед конкурентів оберемо варіанти із

розділу 1.5.1: перший конкурент - Venger Wind V300 Ver1.3 [39], другий конкурент - Helixwind S594 [40], третій конкурент - Enlil Deveci Tech [41].

В табл. 4.2 наведені слабкі, нейтральні та сильні сторони власного проекту CarWind та проектів конкурентів. Із таблиці видно, якими позитивними якості володіє проект CarWind, а саме вартість продукту та ремонту, розмір та елемент пасивної безпеки. Саме через ці якості даний продукт є конкурентноспроможним.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			
		Проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Вартість продукту	S	W	W	N
2	Вартість ремонту та обслуговування	S	W	W	N
3	Розміри	S	W	W	S
4	Потужність	N	S	S	N
5	Рівень шуму	N	N	N	N
6	Швидкість встановлення	S	N	N	W
7	Естетичність	W	S	S	S
8	Наявність елемента пасивної безпеки	S	-	-	-
9	Система гальм	-	S	N	-
10	Необхідна швидкість для початку роботи	S	W	W	N

## 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведення аудиту технології є важливим етапом аналізу стартап-проекту, тому що наявність і доступність технологій характеризує реалізований проект чи ні. Потрібно виділити декілька ідей проекту та можливість їх реалізації. Дані наведені в табл. 4.3. Головними задачами під час виготовлення автомагістрального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки є: зниження вартості продукту за рахунок використання недорогих деталей та недорогих технологій під час виготовлення, забезпечення

швидкості та мобільності під час монтажу, вирішення проблеми еластичності елемента пасивної безпеки.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
1	Простий монтаж елемента безпеки	Використання швидкороз'ємних з'єднань	+	+
2	Варіативність діаметрів покришок	Створення перехідних деталей	+	+
3	Використання дефлектора	Закупівля сталевих листа	+	+
4	Варіативність напрямку лопатей	Використання універсальних деталей та з'єднань	+	+
5	Модульна структура	Використання швидкороз'ємних універсальних деталей та з'єднань	+	+
6	Електроенергетична складова проекту	Закупівля необхідного комплекту деталей, генератора, інверторів та ін.	+	-
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: усі технології наявні на ринку, але електроенергетична складова проекту недоступна команді				

### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

“Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.”[15]. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту CarWind наведена в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показник стану ринку(найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	14



2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	-
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмеження можуть виникати через політичні погляди країни на використання відновлювальних джерел енергії
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Огородження дорожні і напрямні пристрої. ДСТУ 2735-94[42]
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	9 %

Далі потрібно визначити потенційних клієнтів стартап-проекту CarWind, що наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія(цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Безпека на автомагістралях	Приватні підприємці великого бізнесу(автозаправні станції та ін.), приватні підприємці середнього бізнесу (придорожні розважальні центри та промислові об'єкти), державні посадовці міністерства інфраструктури	Сумніви у надійності конструкції	Надійна конструкція та швидкий ремонт і монтаж
2	Генерування електроенергії		Невпевненість щодо міцності конструкції	Достатня потужність та надійність елементів конструкції
3	Автономність		Стабільність та ефективність роботи	Надійність витратного матеріалу, якість електроенергетичних складових конструкції
4	Розміщення реклами		Естетика	Реакція глядачів
5	Покращення та створення нових технологій виробництва вітрогенераторів із елементами пасивної безпеки	Виробники вітрогенераторів або виробники елементів пасивної безпеки	Можливість швидкого монтажу або ремонту. Здешевлення технологічних процесів	Дотримання всіх стандартів та гарантія на певний експлуатаційний термін

“Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають”[15]. Фактори загроз наведені в табл. 4.6. Фактори можливостей наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Виробники із великими можливостями	Створення нових технологій та ідей. Підвищення якості виробу
2	Фінансування проекту	Недостатня кількість коштів для використання сучасних технологій	Виготовлення робоча зразка та підготовка дорожньої карти для інвестора
3	Реклама проекту	Недостатня кількість коштів для проведення рекламної компанії	Пошук інвестора для ефективного розповсюдження ідей, вибір вірного місця розміщення реклами
4	Дизайн виробу	Не естетичний вигляд проекту	Використання більшої кількості коштів під час розробки зовнішнього вигляду виробу
5	Мала ефективність	Через малу ефективність можлива триваліша окупність виробу	Використання сучасних технологій, використання декількох одиниць одночасно
6	Рівень шуму	В залежності від кількості встановлених одиниць – рівень шуму може зростати	Використання сучасних технологій. Використання виробу на віддалених територіях від скупчення людей
7	Можливість встановлення на автомагістралях	Зміна стандартизації або вимог до встановлення на автомагістралях	Шкідка реакція на зміни в стандартизаціях, можлива зміна габаритнів розмірів.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Міжнародний ринок	Зацікавленість міжнародного споживача	Дозволить використовувати сучасні технології та збільшити комерціалізацію проекту
2	Збільшення продажів, популярності	Ріст попиту на екологічні вироби	Дозволить розширити модельний ряд та збільшити виробничі потужності
3	Створення нових технологій та рішень	Залучення міжнародних дослідницьких центрів та створення власної аеротруби для дослідів	Дозволить знизити вартість виробу, підвищити ефективність та естетичність.

4	Розширити можливості використання в інших типах інфраструктури	Можливість використання на мостах, залізничних шляхах, на будівлях тощо.	Розвернути великомасштабну рекламну компанію в Україні та в розвинутих країнах світу. Збільшення виробничих потужностей
---	--	--	---

Щоб продовжити аналіз стартап-проекту потрібно виконати ступеневий аналіз конкуренції на ринку, що включає особливості конкурентного середовища та вплив особливості на діяльність підприємства. Дані наведені в табл. 4.8

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<b>Особливості конкурентного середовища</b>	<b>В чому проявляється дана характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</b>
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополістична “Монополістична конкуренція - це така ринкова ситуація, за якої відносно велика кількість невеликих виробників пропонують схожу, але не ідентичну продукцію”. [43]	Визначити своє місце на ринку за рахунок унікальності встановлення та помірно низької ціни. Конкурентів в Україні немає, але є закордонні виробники
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Міжнаціональний. Через те що, конкуренти – це виробники із інших країн.	Зацікавленість міжнародного споживача в екологічному вітрогенераторі
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева. Через те що виріб використовується тільки в одній галузі	Покращення інженерно-економічних характеристик
4. Конкуренція за видами товарів:- товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-родова. Через те що можливо задовольняти декілька різних потреб споживача	Залучення усіх типів споживачів і задоволення усіх потреб
За характером конкурентних переваг- цінова / нецінова	Нецінова/цінова. Головною перевагою є елемент пасивної безпеки, але ціна також нижча ніж у конкурентів	Удосконалити усі переваги вітрогенератора та створити приємну ціну для споживача
За інтенсивністю- марочна/не марочна	Марочна. Через те що продукт унікальний і комбінація різних функцій повинні стати	-

	впізнаваними рисами CarWind	
--	--------------------------------	--

Щоб виконати більш детальний аналіз конкуренції потрібно використовувати технологію аналізу конкуренції в галузі за М. Портером. Дані наведені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<b>Прямі конкуренти в галузі</b>	<b>Потенційні конкуренти</b>	<b>Клієнти</b>	<b>Товари-замінники</b>
Складові аналізу	Виробник вертикальних вітрогенераторів для автомагістралей: Enlil Devesi Tech [41].	Виробники вертикальних вітрогенераторів: Venger Wind [39], Helixwind [40],	Міжнародний ринок	Прогресивний розвиток альтернативних джерел енергії та використання їх в різних локаціях
Висновки	Удосконалення конструкції та впровадження нових технологій	Створення можливий модифікацій для використання вітрогенераторів на автомагістралях	Обрано ринок Китаю, Європейського союзу через кращу платоспроможність та зацікавленість в альтернативних джерелах енергії	Неможливість конкурувати в багатофункціональності вітрогенераторів із елементами пасивної безпеки

“На основі аналізу конкуренції (табл. 4.10), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища (табл. №№ 4.6-4.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.”[15] . Дані обґрунтування факторів конкурентоспроможності «CarWind» наведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Наявність елемента пасивної безпеки	Наявність даного елемента дозволить суттєво підвищити функціональність проекту
2	Низька вартість	Одним із ключовим фактором, для вибору вітрогенератора є термін окупності. Чим нижча ціна – тим швидше виріб окупиться
3	Модульність конструкції	Через дану конструкцію можливий швидкий монтаж та ремонт виробу на автомагістралях
4	Технічна інновація в Україні	На сьогоднішній день в Україні відсутні виробники вітрогенераторів із елементами пасивної безпеки для автомагістралей
5	Безпека	За рахунок симбіозу вітрогенератора та елемента пасивної безпеки підвищується безпека під час руху на автомагістралі
6	Недостатня якість матеріалів	Конкуренти використовують якісні матеріали, які мають кращі характеристики
7	Рекламоспроможність	За рахунок форми конструкції виникає можливість встановлення великої кількості реклами

Щоб продовжити аналіз стартап-проекту потрібно виконати порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «CarWind». Дані аналізу наведені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «CarWind»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товару Enlil Deveci Tech [41]а у порівнянні з CarWind						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність елемента пасивної безпеки	18	+						
2	Низька вартість	17		+					
3	Модульність конструкції	15			+				
4	Технічна інновація в Україні	18	+						
5	Безпека	13			+				
6	Недостатня якість матеріалів	6							+
7	Рекламоспроможність	10				+			

“Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та

слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11).”[15]

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони:</b>  1. Низька вартість 2. Екологічність 3. Автономність 4. Модульна структура 5. Елемент пасивної безпеки	<b>Слабкі сторони:</b>  1. Недостатнє фінансування 2. Дозвіл на розміщення 3. Неякісні матеріали
<b>Можливості:</b>  1. Міжнародне співробітництво 2. Наявність шляхів популяризації відновлювальних джерел енергії 3. Залучення дослідницьких інститутів 4. Створення автономних автомагістралей	<b>Загрози:</b>  1. Естетичність 2. Пошук інвестицій 3. Впровадження сирійного виробництва 4. Бюрократія 5. Економічна криза 6. Неготовність ринку до інноваційних ідей

“На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів).”[15]

Таблиця 4.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю Цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт, %	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту), од/рік	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники великого бізнесу (автозаправні станції)	85	1200	-	Середня
2	Власники середнього бізнесу (придорожні)	65	700	-	Середня

	розважальні центри та промислові об'єкти)				
3	Власники малого бізнесу (придорожні кафе та ресторани)	35	200	-	Складно
4	Державні посадовці міністерства інфраструктури	50	4000	-	Середня
Які цільові групи обрано: Обрано дві цільові групи: власники великого бізнесу та державні посадовці міністерства інфраструктури через високий відсоток готовності та орієнтований попит					

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для того, щоб розпочати розроблення ринкової стратегії проекту потрібно визначитись із базовою стратегією розвитку проекту. Обрані альтернативи розвитку проекту, стратегії охоплення ринку, ключові конкурентоспроможні позиції та базова стратегія розвитку вказані в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Впровадження нових технологій та нових ідей використання додаткових функцій автомагістрального вітрогенератора	Охоплення ринку за рахунок інноваційного проекту та поступового охоплення усіх можливий клієнтів	Підвищується довіра до марки CarWind та збільшується кількість замовлень. Розширюється модельний ряд	Спеціалізації

Дані, щодо визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведені в табл. 4.15

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Якщо розглядати вертикальний вітрогенератор для автомагістралей в Україні – тоді так, якщо в Світі – тоді ні (в Туреччині вже існує подібний стартап)	Компанія буде розвиватись та шукати нових споживачів	Копіювання не буде, але можливе запозичення елементів дизайну	Стратегія заняття конкурентної ніші
2	Якщо розглядати вертикальний вітрогенератор для автомагістралей із елементом пасивної безпеки в Україні і Світі подібних проектів немає.	Компанія буде розвиватись та шукати нових споживачів	Копіювання не буде, але можливе запозичення елементів дизайну	Стратегія заняття конкурентної ніші

“На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.14) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.15) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.16) що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект.” [15]

Таблиця 4.16 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Наявність елемента пасивної безпеки	Диференціації	+	+
2	Низька вартість	Спеціалізації	+	+
3	Модульність	Диференціації	+	+/-



	конструкції			
4	Технічна інновація в Україні	Диференціації	+	+
5	Безпека	Спеціалізації	+	+/-
6	Якість матеріалів	Спеціалізації	-	-
7	Рекламоспроможність	Спеціалізації	-	-

#### 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту


Для того, щоб розпочати розробку маркетингової програми стартап-проекту потрібно визначити ключові переваги концепції потенційного товару. Дані наведені в табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами ( існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Наявність елемента пасивної безпеки	Збільшує функціонал виробу	Наявність даного елемента
2	Низька вартість	Швидка окупність виробу	Найнижча ціна на ринку
3	Модульність конструкції	Виникає можливість швидкого ремонту, монтажу або заміни певних модулів конструкції	Наявність модульної конструкції
4	Технічна інновація в Україні	Дозволить отримати більшу кількість споживачів	Присутність на ринку
5	Безпека	Дозволить підвищити безпеку на автомагістралях	Симбіоз вертикального вітрогенератора із елементом пасивної безпеки

Наступним кроком буде опис трьох рівнів моделей товару. Існує декілька рівнів: товар за задумом, товар у реальному виконанні, товар із підкріпленням. Опис наведений в табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Опис трьох рівнів моделей товару

Рівні товару	Сутність та складова		
1. Товар за задумом	Надійний, дешевий та екологічний вертикальний вітрогенератор із модульною конструкцією, в якого в конструкції присутній елемент пасивної безпеки		
2. Товар у реальному виконанні	Властивості характеристики	В/нВ	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Наявність елемента пасивної безпеки	1. В	1. Б
	2. Низька вартість	2. В	2. Е
	3. Модульність конструкції	3. В	3. Тх/Тр
	4. Якість матеріалів	4. В	4. Е/Нд
	Якість: ДСТУ 2735-94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху.[42]		
	Пакування: стрейч-плівка із гофрованим картон		
	Марка: Автомагістральний вітрогенератор із елементом пасивної безпеки “CarWind”		
			
Товар із підкріпленням	До продажу: Якість та надійність товару. Паспорт виробу та сертифікація		
	Після продажу: Гарантійний талон, технічне обслуговування протягом 1 року		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від підроблення: патент на винахід, патент на торгову марку			

“Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.19). Аналіз проводиться експертним методом.”[15]

Таблиця 4.19 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	3000 \$	2800 \$	Високий	Ціна на товар: Мінімальна :1000 \$ Максимальна: 1500 \$

Щоб продовжити аналіз стартап-проекту потрібно сформувати систему збуту. Дані наведені в табл. 4.20.

Таблиця 4.20 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функція збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Масова	Продаж та монтаж системи	Однорівневий канал збуту	Дистрибуція

“Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.21).”

Таблиця 4.21 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користується клієнт	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Вибагливі до якості виробу, надійності кріплень та швидкості монтажу	Веб-сторінка компанії, менеджер з продажу продукції, соціальні мережі, поверхнева реклама	Якість, енергоефектив- ність, естетичність, надійність	Надати споживачеві конкретну інформацію з приводу енергоефективності вітрогенератора та безпеки використання елементи пасивної безпеки	Твій рух – твоя енергія! (Енергія твого руху!)

#### **4.6 Висновки по аналізу стартап-проекту**

Після виконання аналізу, можливо зробити висновок, що :

- Є можливість ринкової комерціалізації проекту на Європейському ринку. Присутній попит на альтернативні джерела із інноваційними ідеями. Динаміка ринку вітрогенераторів зростає. Рентабельність даного проекту знаходиться на досить високому рівні.

- Присутні перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, а саме: власники великого бізнесу та державні посадовці міністерства інфраструктури. Конкуренція на українському ринку відсутня, присутній один потенційний конкурент на міжнародному ринку. Продукт виявився конкурентоспроможний.

- Подальша імплементація проекту є доцільною

## **Загальні висновки і рекомендації**

За проведеною роботою можна зробити такі висновки: розроблений продукт не має схожих аналогів і по суті є унікальним. Елемент пасивної безпеки цілком задовільняє поставлену задачу – знижувати швидкість автомобіля та поглинати енергію удару.

Конструкція має хороші технологічні й експлуатаційні показники: модульна система, застосування доступних матеріалів. Завдяки модульній структурі швидше здійснюється монтаж системи та обслуговування, це означає, що модулі конструкції збираються на виробництві, а не на місці монтажу. Також була виконана перевірка на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання.

Розроблено технологію виготовлення деталей конструкції з урахуванням таких факторів як об'єм виробництва, економічна доцільність технологічного процесу, швидкість виробництва, економічне використання матеріалів. В результаті отримали вимоги до устаткування для запуску виробництва.

Було побудовано макет продукту для наочної демонстрації задуму та конструкції. При створенні макету використовувались дешеві матеріали, так як силової задачі макет не повинен виконувати.

Також виготовлено зразки деяких деталей за допомогою технології адитивного виробництва.

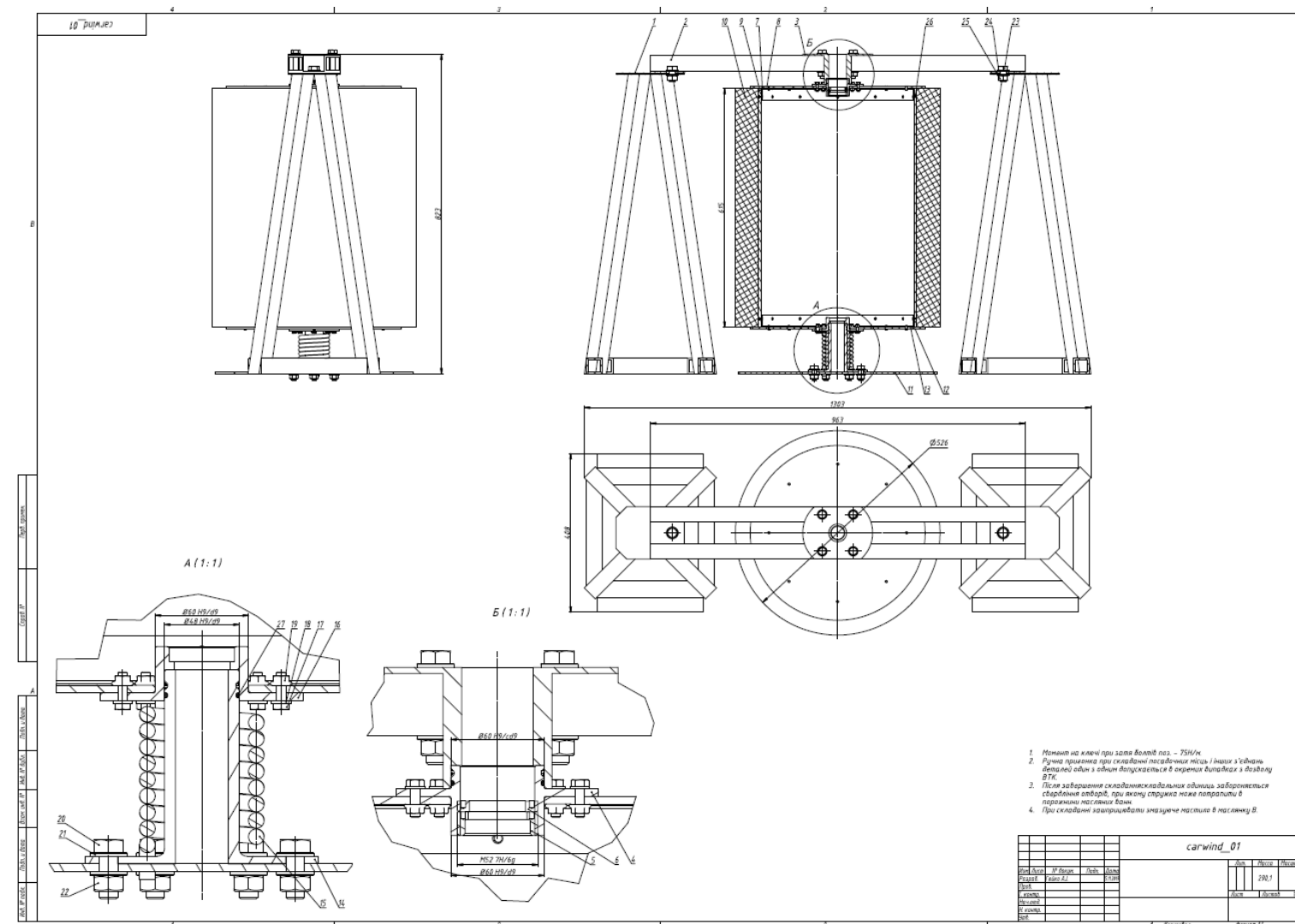
Було розроблено стартап-проект, який показав, що перспективи збуту даного продукту є, і є цілком конкурентоспроможним на ринку.

## Використані джерела (згідно ДСТУ)

1. Кількість ДТП у світі зростає // Центр громадського здоров'я МОЗ України. – 2019.
2. Global status report on road safety: time for action. – Geneva 27, Switzerland, 2018.
3. Дюдюн Ю. В Україні возросло количество ДТП с потерпевшими: статистика по областям // Информатор. – 2019.
4. Статистика. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 06.10.2019) - Назва з екрана.
5. "Дороги смерті": почему Украина на шестом месте в Европе по смертности в ДТП // Сегодня. – 2019.
6. Украинские отбойники - защита или опасность? // НТН. – 2019.
7. Дорожні відбійники в Україні не відповідають технічним вимогам, – експерт // ЗІК. – 2016.
8. ДСТУ Б В.2.3-28:2011. Огородження дорожні металеві бар'єрного типу. Технічні умови //.
9. ДСТУ Б В.2.3-10-2003. Споруди транспорту. Огородження дорожнє парашютного типу. Загальні технічні умови //.
10. The first MASH TL4 certified roller crash barrier in the world. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://ksiglobal.com.au/safety-roller-crash-barrier/> - Назва з екрана.
11. iFlex™ Single Traffic Barrier+. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.asafe.com/en-gb/products/iflex-single-traffic-barrier/technical-specification/> (дата звернення: 05.10.2019) - Назва з екрана.
12. Wind energy explained: theory, design and application. / Manwell J. F., McGowan J. G., Rogers A. L.: John Wiley & Sons, 2010.
13. Aprenda a simular peças e montagens pelo método de elementos finitos no Inventor e valide rapidamente seus projetos. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.render.com.br/cursos/inventor/inventor-2016-elementos-finitos-analises-estaticas> (дата звернення: 27.10.2019) - Назва з екрана.
14. Правила і методи мозкового штурму! [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://biznesua.com.ua/pravila-i-metodi-mozkovogo-shturmu/> (дата звернення: 14.04.2019) - Назва з екрана.
15. Гавриш О. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей/За заг. ред. ОА Гавриша // Київ: НТУУ «КПІ. – 2016.
16. GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2018. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: [http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable\\_trends.pdf](http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable_trends.pdf) (дата звернення: 30.04.2019) - Назва з екрана.
17. Wind energy in Europe in 2018. Trends and statistics. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf> (дата звернення: 27.04.2019) - Назва з екрана.
18. ДСТУ 2735-94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху.
19. Патент на винахід UA 113379 C2 МПК F03D 3/04 (2006.01), опубл. 10.01.2017, Бюл.№1. Вітрогенератор. Колодка Ю.В., Бабару С.О. //.
20. Патент на корисну модель UA 61684 U МПК F03D 7/06 (2006.01), опубл. 25.07.2011, Бюл. №14. Вітроенергетична установка. Субота А.М, Коваленко Т.І., Радчук А.М. //.

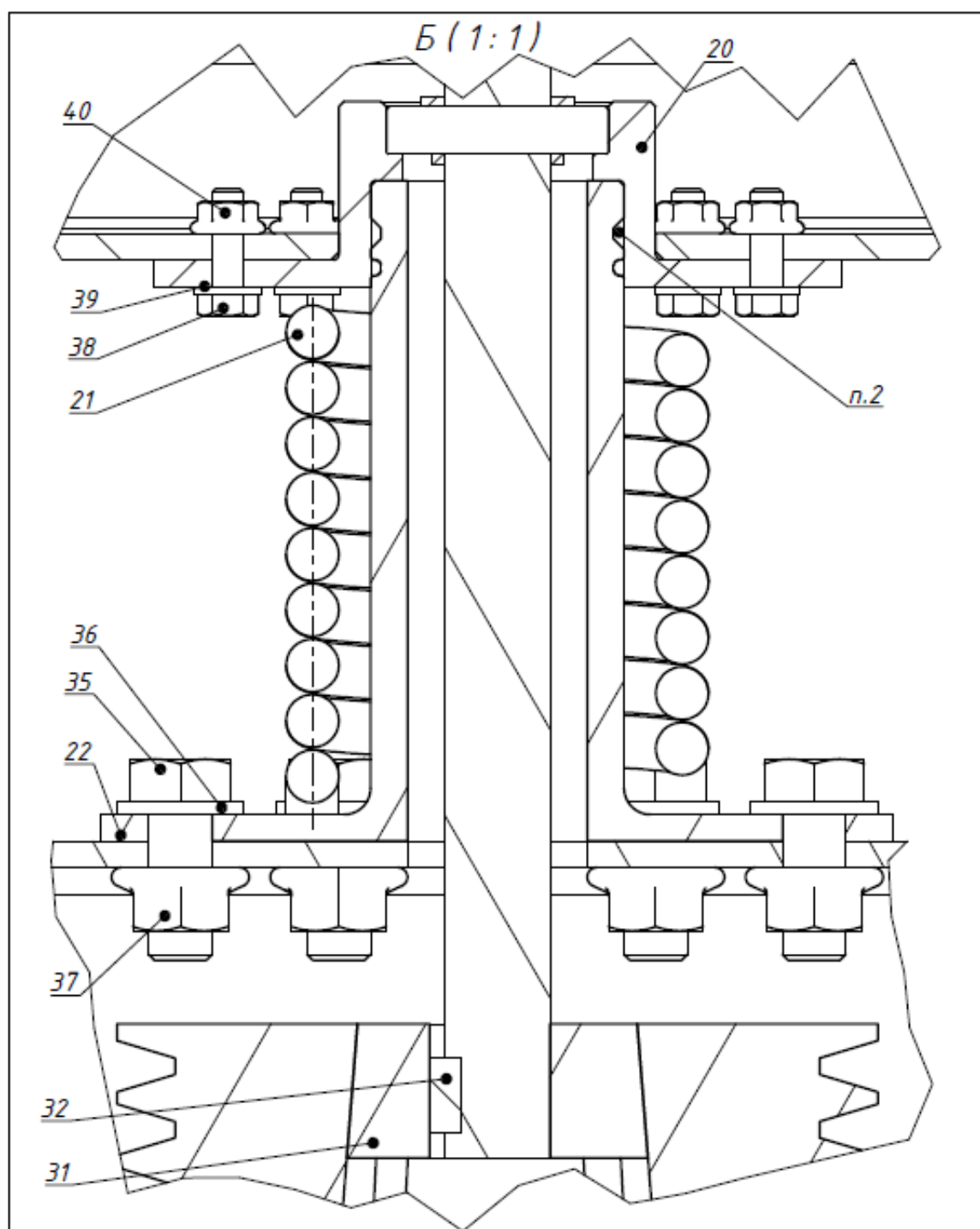
21. International Patent WO 2007/057116 A1, F03D 9/00. Wind power generation system and method/ HASKELL, Roger, Leslie [US/US]; Valkyria Lane, El Cajon, California 92019 (US). - № 11/746,624; filed 16 Nov 2009; pub. date 20 May 2010. //.
22. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять //.
23. Mechanics and strength of materials. / Da Silva V. D.: Springer Science & Business Media, 2005.
24. Text-book on the Strength of Materials. / Slocum S. E.: Ginn, 1906.
25. Сопротивление материалов. / Работнов Ю. Н., 1962.
26. Писаренко Г., Квітка О. Уманський ЕС Опір матеріалів // Киї в: Вища шк. – 2004.
27. Дарков А., Шпиро Г. Сопротивление материалов // 624 с. – 2003.
28. Яблонский А. Курс теоретической механики. Часть 2. Динамика. Издание третье, исправленное и дополненное./Яблонский АА–М // Высшая школа. – 1966.
29. Кищун В. Класифікація легкових автомобілів як вид сегментації ринку за продуктом // . – 2000.
30. Анурьев В. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 3, Москва, издательство // . – 2001.
31. ГОСТ 13764-86. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения //.
32. ГОСТ 4754-97. Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) //.
33. PLA ПЛАСТИК ИЛИ ABS ПЛАСТИК КАКОЙ ЛУЧШЕ? [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://3ddevice.com.ua/blog/3d-printer-obzor/pla-plastik-ili-abs-plastik/> (дата звернення: 05.05.2019) - Назва з екрана.
34. 3D принтер Original Prusa i3 MK3. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://3dprinter.ua/shop/3d-printer-original-prusa-i3-mk3/> (дата звернення: 05.05.2019) - Назва з екрана.
35. Repetier-Host [Електронний ресурс]. [Веб-сайт] Режим доступу до ресурсу: <https://www.repetier.com/> (дата звернення: 05.05.2019) - Назва з екрана.
36. Slic3r. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://slic3r.org/> (дата звернення: 05.05.2019) - Назва з екрана.
37. Настройки слайсера Slic3r для печати на 3D-принтере ZENIT. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://docplayer.ru/49782544-Nastroyki-slaysera-slic3r-dlya-pechati-na-3d-printere-zenit.html> (дата звернення: 05.05.2019) - Назва з екрана.
38. Галасюк К., Галасюк Е. Інновації як інструмент подолання кризових явищ на підприємствах готельного господарства // . – 2013.
39. V3 MICRO 300 Watts. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.imacuttech.com/downloads/Venger%20Wind%20V300%20Ver%201.3.pdf> (дата звернення: 10.04.2019) - Назва з екрана.
40. HELIXWIND. MODEL S594 [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://swepinc.com/pdf/Wind%20Turbines/Vertical%20Axis%20Wind%20Turbines/Helixwind%20S594.pdf> (дата звернення: 11.04.2019) - Назва з екрана.
41. This Week in CFD. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://blog.pointwise.com/2014/01/17/this-week-in-cfd-139/amp/> (дата звернення: 20.04.2019) - Назва з екрана.
42. ДСТУ 2735-94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху. //.
43. Монополістична конкуренція. [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/10290718/politekonomiya/monopolistichna\\_konkurenciya](https://pidruchniki.com/10290718/politekonomiya/monopolistichna_konkurenciya) (дата звернення: 14.06.2019) - Назва з екрана.

## Додаток А





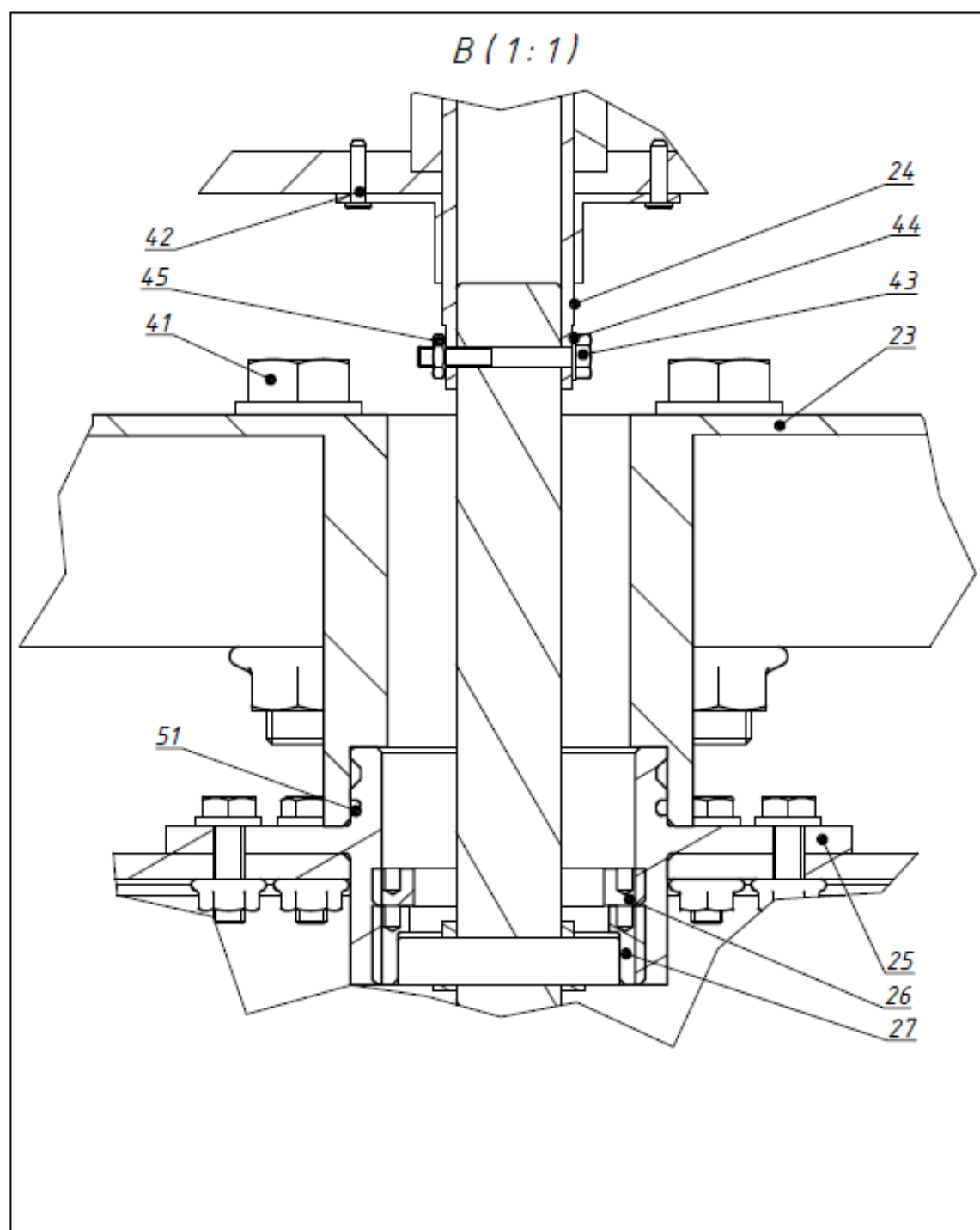




					<i>carwind_01_02</i>		
					<i>Вітрогенератор з елементом безпеки</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Гейко А.І.			16.11.2019			
Пров.				01.01.1601			
Т. контр.					Лист	2	Листов
Нач.отд.							4
Н. контр.				01.01.1601			
Утв.				01.01.1601			

Копировал

Формат А4



					<i>carwind_01_02</i>		
					<i>Вітрогенератор з елементом безпеки</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Гейко А.І.		16.11.2019	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.				01.01.1601			
Т. контр.					Лист	3	Листов
Нач.отд.							4
Н. контр.				01.01.1601			
Утв.				01.01.1601			

*Копировал*

*Формат А4*

